

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA



**DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA OPTICA UTILIZANDO EL
ESTANDAR GPON PARA SERVICIO DE DATOS EN EL EDIFICIO
ADMINISTRATIVO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
JULIACA**

TESIS

PRESENTADA POR:

RONALD CANAZA APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERU

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO

**FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA ELÉCTRICA,
ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA ELECTRÓNICA

**“DISEÑO DE UNA RED CON FIBRA OPTICA UTILIZANDO EL ESTANDAR
GPON PARA SERVICIO DE DATOS EN EL EDIFICIO ADMINISTRATIVO DE
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA”**

TESIS PRESENTADA POR:

RONALD CANAZA APAZA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

APROBADA POR EL JURADO SUSUPERVISOR CONFORMADO POR:



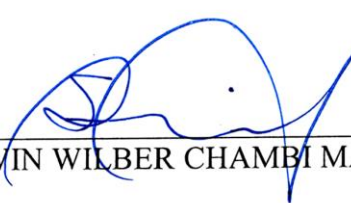
PRESIDENTE:


M. Sc. GUIDO HUMBERTO CAYO CABRERA

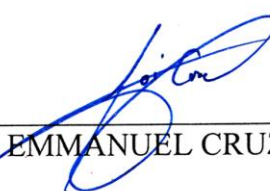
PRIMER MIEMBRO:


Mg. LUIS ENRIQUE BACA WIESSE

SEGUNDO MIEMBRO:


M. Sc. EDWIN WILBER CHAMBI MAMANI

DIRECTOR / ASESOR:


Dr. JOSÉ EMMANUEL CRUZ DE LA CRUZ

FECHA DE SUSTENTACIÓN 20-12-2018

Área : TELECOMUNICACIONES
Tema : REDES DE FIBRA ÓPTICA

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y darme sobre todo vida y salud.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mi pequeño hijo que es fuente inagotable de inspiración y finalmente a mi compañera de vida por sus palabras y confianza, por su amor y brindarme el tiempo necesario para realizarme profesionalmente.

AGRADECIMIENTOS

Primero agradecer a mi familia, en especial a mis padres por las enseñanzas que me brindaron para formarme como persona y así poder lograr mis objetivos.

A la Universidad Nacional del Altiplano, a la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, quienes con sus enseñanzas supieron impartir el conocimiento para mi formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
CAPÍTULO I	11
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Hipótesis.....	13
1.4. Objetivos de la investigación	13
CAPÍTULO II.....	14
2.1. Antecedentes de estudio.....	14
2.2. Bases teoricas	15
2.2.1. Red de fibra optica	15
2.2.2. Familia de estandares antecedentes tecnicos de la gpon	16
2.2.3. Descripción del estándar gpon	19
2.2.4. Características del estandar gpon	24
2.2.5. Análisis de viabilidad mediante el arbol de problemas.....	38
CAPÍTULO III	41
3.1. Tipo de investigación	41
3.2. Población y muestra	41
3.2.1. Población.....	41
3.2.2. Muestra.....	41
3.3. Ubicación	41
3.4. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	43
3.4.1. Técnicas.....	43
3.4.2. Instrumentos	43
3.5. Procedimientos del experimento	43
3.5.1. Tipo y ventaja de la fibra óptica a ser usada	44
3.5.2. Tipo y dimensionamiento de la red	46
3.5.3. Topología de la red.....	47
3.5.4. Diseño distributivo de la red	47
3.5.5. Terminos de referencia y características del diseño.....	51
CAPÍTULO IV.....	74

4.1. Cálculos con la fibra óptica.....	74
4.2. Cálculos de velocidad de transmisión, ancho de banda eléctrico y óptico	75
4.3. Pérdidas de potencia.....	78
4.4. Atenuación del sistema	78
4.5. Cuadro comparativo de resultados obtenidos	84
4.6. Análisis económico del proyecto	84
4.6.1. Árbol de causas y efectos.....	84
4.6.2. Árbol de medios y fines.	86
4.6.3. Horizonte de planeamiento.	86
4.6.4. Etapas del proyecto.	87
4.6.5. Acciones del proyecto.	88
4.6.6. Costos de inversión.	88
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES	91
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	92
ANEXOS	94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1 Diagrama de multiplexación y demultiplexación óptica aplicado en WDM.	25
FIGURA 2.2 Arquitectura de red GPON	27
FIGURA 2.3 Elementos de una red GPON	28
FIGURA 2.4 Estructura interna de la fibra óptica.....	29
FIGURA 2.5 Fibra monomodo y multimodo	30
FIGURA 2.6 OLT MA5608T HUAWEI	32
FIGURA 2.7 ONT MA5626 HUAWEI	33
FIGURA 2.8 Splitters 1:32 con tipo de conector SC	34
FIGURA 2.9 Atenuación de Splitters.....	34
FIGURA 2.10 Tipos de conectores de fibra óptica.	35
FIGURA 2.11 Esquema del árbol de problemas.	40
FIGURA 3.1 Ubicación del área de investigación	42
FIGURA 3.2 Edificio administrativo UNAJ.	42
FIGURA 3.3 Redes GPON.....	46
FIGURA 3.4 Topología de la red	47
FIGURA 3.5 ODN según normativa ITU-T G.984.....	48
FIGURA 3.6 Diseño distributivo de la red.....	48
FIGURA 3.7 Ubicación de la OLT.	49
FIGURA 3.8 Ubicación de Splitters.....	50
FIGURA 3.9 Ubicación de ONTs	50
FIGURA 4.1 Enlace L1	74
FIGURA 4.2 Componentes de la red	80
FIGURA 4.3 Número de componentes de la red.....	82
FIGURA 4.4 ARBOL DE PROBLEMAS: Causa y Efecto	85
FIGURA 4.5 ARBOL DE OBJETIVOS: Medios y fines.	86

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Niveles De Potencia.	26
Tabla 2.2 Niveles de sensibilidad.	26
Tabla 3.1 Tabla de distribución de la fibra por niveles.	44
Tabla 3.2 Ventajas de la fibra óptica.	45
Tabla 4.1 Características de FIBRA OPTICA MULTIMODO 50/125 OM2. G651.	79
Tabla 4.2 Rango de Atenuaciones ONT y OLT	81
Tabla 4.3 Rango de Atenuaciones Divisor óptico	81
Tabla 4.4 Valor de parámetros	82
Tabla 4.5 Cuadro comparativo	84
Tabla 4.6 Etapas del proyecto	87
Tabla 4.7 Acciones del proyecto	88
Tabla 4.8 Costos de inversión del proyecto.....	89

RESUMEN

El presente proyecto presentado surge de la necesidad de implementar una nueva infraestructura de telecomunicaciones en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA (UNAJ). Se propone como solución diseñar una red de fibra óptica capacitada para ofrecer servicio de datos con la máxima calidad posible para el edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ). Esta será una red propia que será usada por el operador cliente a través de diferentes modelos de servicios. Está previsto ofrecer un ancho de banda común de 10 Mbps para cada oficina del edificio administrativo conectado a la red que cumplirá con el estándar GPON (Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabits). Se estudia la implementación de la red de fibra óptica en toda su extensión para obtener una red de servicios central usuario en todo su recorrido, también es necesario resaltar que es una red de fibra totalmente pasiva, sin repetidores dentro de la red y sin fuentes de poder intermedias, solo splitters, acopladores y atenuadores de forma que la inversión en infraestructuras sea adecuada a la necesidad actual y a las previsiones de futuro inmediato. Para alcanzar este objetivo se realizó un extenso análisis y se marcaron una serie de criterios a seguir para realizar el diseño que después deberán ser implementados sobre el terreno.

Palabras Clave: GPON, fibra óptica, redes de acceso, ancho de banda, arquitectura de red.

ABSTRACT

This presented project appear from the need to implement a new telecommunications infrastructure in the UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA (UNAJ). It is proposed as a solution to design a fiber optic network capable of offering data service with the highest possible quality for the administrative building of the National University of Juliaca (UNAJ). This will be a proprietary network that will be used by the client operator through different service models. It is planned to offer a common bandwidth of 10 Mbps for each office in the administrative building connected to the network that will comply with the GPON standard (Passive Optical Network with Gigabit Capacity). The implementation of the fiber optic network is studied in all its extension to obtain a network of central user services throughout its journey, it is also necessary to highlight that it is a totally passive fiber network, without repeaters within the network and without sources of Intermediate power, only splitters, couplers and attenuators so that the investment in infrastructure is adequate to the current need and the forecasts for the immediate future. To achieve this goal, an analysis was carried out and steps were taken to carry out the design that will later be implemented on the ground.

Keywords: GPON, optical fiber, access networks, bandwidth, network architecture.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Se debe tomar en cuenta que la tecnología de las telecomunicaciones es parte fundamental de nuestro diario vivir, se ha convertido en una herramienta indispensable, no solo para poder recibir, enviar o descargar información, sino también para lograr una comunicación para cualquier parte del mundo sin que haya que esperar demasiado tiempo para lograrlo como sucedía en tiempos atrás; generando un uso considerable en el uso de internet.

Es por ello la importancia de optar estas nuevas tecnologías en especial en instituciones ya sean públicas y/o privadas que satisfagan las necesidades del usuario final. El proyecto de investigación está organizado en cuatro capítulos. El **primer capítulo** se describe el problema de la investigación y se establecen los objetivos a seguir en el desarrollo de la investigación.

El **segundo capítulo** se trata de estudios e investigaciones realizadas previas a esta y también aborda el marco teórico necesario sobre el estándar GPON, características, parámetros y arquitectura, para llegar a realizar los objetivos planteados.

En el **tercer capítulo** se describe el esquema de la investigación, su tipo y alcance, así como el desarrollo de los cálculos justificativos como procedimientos y técnicas empleadas en el diseño de la red GPON.

En el **cuarto capítulo** se presenta el análisis de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, así como el estudio de factibilidad técnico-económico del proyecto, para la responder las hipótesis planteadas.

El objetivo de este proyecto de tesis es la de diseñar una red de fibra óptica para las instalaciones del edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca utilizando el estándar GPON, y dar por fin una solución a la gran necesidad que actualmente aqueja a los usuarios de esta casa superior de estudios.

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca (UNAJ) carece de una infraestructura de red adecuada que sea capaz de brindar un servicio óptimo de datos, ya que en la actualidad cuenta con una red ADSL informal, donde se puede apreciar conexiones improvisadas e informales con tal de llegar al usuario.

Otro de los factores es el limitado ancho de banda de la red ADSL que no supera los 6Mbps, además de la limitación técnica más importante de la tecnología ADSL que es la disminución drástica de velocidad a medida que el usuario se aleja de la central.

Es por ello que se hace indispensable el cambio de tecnologías y surge la necesidad de realizar un estudio y diseño de dicha red con tecnología de punta mediante el cual tengamos mayores ventajas y se pueda brindar un servicio de calidad a los usuarios del edificio administrativo de la UNAJ.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿De qué manera podemos diseñar y optimizar los servicios de datos y la infraestructura de telecomunicaciones del edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca?

1.3. HIPÓTESIS

El diseño de una red de fibra óptica utilizando el estándar GPON en el edificio administrativo de la Universidad Nacional De Juliaca, optimizará los servicios de datos mediante una nueva infraestructura de telecomunicaciones.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar una red de fibra óptica pasiva utilizando el estándar GPON en el edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca para los servicios de datos.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la topología y el área de cobertura de la red a implementar.
- Optimizar la red de datos para cada oficina conectada cumpliendo un estándar GPON.
- Determinar la factibilidad para la implementación de la red de fibra óptica en el edificio administrativo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE ESTUDIO

Para el estudio planteado se tuvo en consideración los siguientes antecedentes:

- Para la elaboración del presente diseño, se ha tomado como referencia el estudio realizado en el distrito de Coishco (Ancash). Dicho estudio nos ha permitido identificar los elementos de red de fibra óptica que se necesita para este diseño. Determinar las pérdidas de la red de fibra y verificar si corresponde a las perdidas establecidas. (Lopez, 2016).
- Una de las tesis realizadas en la PUCP cuyo estudio ha tenido como objetivos asegurar el ancho de banda en la última milla en un campus universitario y una vivienda residencial, nos ha servido como referencia para considerar las tecnologías FTTH en el diseño realizado. El diseño planteado con base en la tecnología FTTH ofrece una solución permanente a este problema mediante el cambio de medio de transmisión por fibra óptica y con la introducción de tecnologías xPON que nos brindarán una mejora significativa en el ancho de banda y atenuación disponibles. (Ojeda, 2014).
- Otro estudio realizado en la PUCP nos ha permitió identificar y realizar un análisis económico CAPEX y OPEX mediante los arboles de medios – fines y el árbol de causa – efecto, que en caso del proyecto antecedente da una alternativa técnicamente viable de transporte internacional de datos para Bolivia. El resultado obtenido más notable de la presente investigación da como conclusión la viabilidad al proyecto desde el punto

de vista financiero, obteniendo beneficios económicos y alcanzando un valor anual neto positivo. (Gutiérrez, 2014).

- El siguiente antecedente de diseño de una red de fibra óptica se ha realizado en la ciudad de Guayaquil-Ecuador, estudio en el cual se da acceso de banda ancha a una urbanización mediante la tecnología GPON reestructurando la actual red ethernet existente. El resultado obtenido nos ha servido para realizar un contraste entre las tecnologías GPON y tecnologías de cobre. Además, se concluye que con la migración a una nueva tecnología normalmente conlleva a cambios en equipos activos y pasivos; pero con una mejora muy notable en la calidad del servicio. (Ramiro, 2015).

2.2. BASES TEORICAS

2.2.1. RED DE FIBRA OPTICA

Las redes de fibra óptica son redes de telecomunicaciones que permiten la transmisión de información a altas velocidades. Constituyen un nuevo tipo de redes de comunicaciones que sustituyen los enlaces de microondas y las tradicionales redes de cobre usadas desde la invención del teléfono para transmitir voz y que luego fueron mejoradas para soportar la transmisión de datos usando, entre otras, la tecnología ADSL. Las últimas mejoras en la red de cobre permiten velocidades de hasta 24 Mbps de bajada, dependiendo de la distancia entre la central local y las premisas del cliente. En contraposición, la oferta actual de redes de fibra óptica permite transmitir información desde 100 Mbps hasta el orden de los Gbps. (Pereda, 2005)

El principal beneficio de las redes de fibra es la mayor velocidad en la transmisión de datos y los menores precios esperados. Por un lado, las redes de fibra usan una sola red de transporte para brindar servicios de voz, datos y video. De esta forma, los operadores

pueden reducir de manera significativa sus costos de mantenimiento y personal. Por otro lado, los servidores de la red se encuentran al borde de las redes de transporte y no en estaciones locales. (Pereda, 2005)

De este modo, resulta menos costoso desarrollar e implementar nuevos servicios. Finalmente, las redes de fibra permiten brindar una gama de nuevos servicios a clientes residenciales y corporativos. Por ejemplo, la demanda por mayores anchos de banda derivados de la descarga de videos, contenido generado por los usuarios, juegos en línea y televisión de alta definición harán obsoletas las actuales redes de cobre dejando espacio para nuevas tecnologías en los próximos años. (Pereda, 2005)

2.2.2. FAMILIA DE ESTANDARES ANTECEDENTES TECNICOS DE LA GPON

El estándar GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) resulta de la mejora en varias de las características de las recomendaciones de redes basadas en la tecnología PON.¹ Básicamente una red PON (Passive Optical Network) es una tecnología de acceso mediante la implementación de una red de fibra óptica con elementos pasivos, es decir, que no requieren de alimentación externa para su funcionamiento, al distribuir la información a través de la red. El propósito de tales componentes, es la reducción del costo de equipos que van dirigidos directamente al usuario final. Aunque se suponga un elevado gasto el tendido de fibra entre la central de servicio y el hogar del usuario, CAPEX (Capital Expenditure), se puede considerar el hecho de que el mantenimiento compensará tal inversión OPEX (Operational Expenditure), gracias además a la cantidad de servicios que se vayan a ofrecer. (Millán, 2005).

El interés por este tipo de redes, nace a finales de los años 90's, con la reducción del precio de la fibra óptica y la necesidad de brindar mayores y mejores prestaciones a los

¹ Ramón Jesús Millán Tejedor. "GPON" Publicado en BIT n° 166, COIT & AEIT, 2007

usuarios residenciales. Para esto se consideraron dos tipos de soluciones tecnológicas: las redes PON y AON (Active Optical Network) las primeras, redes como ya se citó de bajo consumo de potencia y las segundas con equipos eléctricamente activos para la distribución de la señal y por tal más costosas. (Millan, 2005).

Para 1995 se crea FSAN (Full Service Access Network), primer organismo encargado de dictar normas de interoperabilidad y funcionamiento a los distintos suministradores y operadores de la tecnología PON.

Dentro de la estructura que comprenden las redes PON están varios elementos que como se verá más adelante, forman parte del objeto de este trabajo en las redes GPON. Así los elementos esenciales de las redes PON son:

- Red Óptica de Acceso (OAN, Optical Access Network), se la considera como el conjunto de enlaces de acceso que coinciden con iguales interfaces del lado de la red admitidos por los sistemas de transmisión de tipo óptico.
- Red de Distribución Óptica (ODN, Optical Distribution Network), brinda la comunicación entre un OLT y el usuario y viceversa.
- Terminación de Línea Óptica (OLT, Optical Line Termination), una OLT brinda la interfaz de red entre la OAN y que permite la conexión a una o varias ODN.
- Splitter (Divisor Óptico Pasivo), que en sí es el dispositivo que retransmite la señal óptica sin necesidad de alimentación externa multiplexando y/o demultiplexando la señal.
- Unidad de Red Óptica (ONU, Optical Network Unit), que se define como el elemento que actúa como vínculo entre el usuario y la OAN, conectada a la ODN.

El conjunto de dispositivos nombrados con anterioridad, conforman la arquitectura para el soporte de ATM por las redes PON. De manera sencilla estos elementos trabajan de la siguiente forma: la OLT es la interface entre la red PON y el backbone de la red, mientras que la ONT genera la interfaz de servicio al usuario final. (Millán, 2012).

El uso del estándar GPON tiene muchas ventajas sobre otro tipo de redes que también usan fibra óptica entre las más importantes se citan:

- Su rango de alcance es de cerca de 20Km (aunque bajo el estándar se puede llegar a 60Km) entre el proveedor y el cliente final.
- Se reduce la cantidad de tendido de fibra óptica, tanto entre las distintas distribuidoras como entre los circuitos de llegada al cliente.
- Se manejan elevados niveles de ancho de banda para sus servicios.
- No exige la necesidad de implementar elementos activos en la red.

En lo que respecta a velocidades de transmisión, se puede decir que estas variaciones han definido los tipos de redes PON existentes, así se habla de velocidades desde 155Mbps, 622Mbps, 1.244Gbps o 2.488Gbps.

A continuación, se presenta una breve síntesis dos clases importantes redes PON. (Millan, 2005)

- **APON/BPON** (1998/2002): Definida en la recomendación UIT-T G.983 donde “A” proviene del protocolo de transporte utilizado, ATM |(Asynchronous Transfer Mode).² Su principal desventaja constituye en la incapacidad de manejo de video, debido a la carencia en longitud de onda asignada para este efecto. Con el fin de demostrar su aplicabilidad a mayores servicios, la inicial “B” fue usada para ampliar

² TESIS ““ESTUDIO Y DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED GPON (Gigabit Passive Optical Networks) Lopez, 2014”. Pág. 19

y dar a conocer el uso de este estándar para servicios de banda ancha (Broadband) como Ethernet y transmisión de video. Actualmente las aplicaciones de este estándar están encaminadas a dos principales: la primera es un sistema de servicio completo con superposición de video y la segunda es un sistema solo digital. Las velocidades de soporte de APON/BPON son: 155Mbps/622Mbps y 622Mbps/622Mbps. (Lopez, 2014)

- **EPON:** Aprobado en el documento IEEE 802.3ah, se define como Ethernet Passive Optical Network, donde se utiliza una red con topología puntomultipunto. Se encuentra basado en un mecanismo denominado MPCP (Multi Point Control Protocol), el cual usa recursos como estados de máquina, 1 temporizadores y mensajes para controlar el acceso a la topología puntomultipunto. Las velocidades de transmisión se manejan en forma simétrica, siendo una restricción sobre su estándar similar GPON, así en valores, la capacidad que soporta EPON es: 1.244Gbps/1.244Gbps y 2.488Gbps/2.488 Gbps. Este estándar se presentó como una alternativa hacia los proveedores de equipos que estaban en capacidad de brindar mejores costos relacionados y mayores anchos de banda para su funcionalidad. Las principales restricciones que presenta EPON su falencia en el manejo de nuevos servicios, donde el manejo se limita solo al propietario y no al operador, la codificación de línea y su calidad se ve limitada de gran manera por la sobrecarga que debe soportar. (Lopez, 2014)

2.2.3. DESCRIPCIÓN DEL ESTÁNDAR GPON

Definido como una innovación del conjunto de estándares PON, la Red Óptica Pasiva con capacidad de Gigabit, GPON, es el más reciente miembro de esta familia, establecido en el 2004 con la creación de las recomendaciones ITU-T G.984.X.

El estándar que se expone, permite manejar amplios márgenes de ancho de banda, para prestar servicios a nivel comercial y residencial, mejorando sus prestaciones en el transporte de servicios IP1 y con una nueva capa de transporte diferente, el envío de la señal en forma ascendente y descendente con rangos de 1.244Gbps para el primer caso y de 2.488Gbps para el segundo ya sea de forma simétrica o asimétrica llegando bajo ciertas configuraciones a entregar hasta 100Mbps por usuario. (Millán, 2010)

Entre las principales diferencias que se presentan sobre sus antecesores, están:

- Soporte completo para voz (TDM Time Division Multiplexing, SONET Synchronous Optical Network y SDH Synchronous Digital Hierarchy), Ethernet (10/100 Base T), ATM (Asynchronous Transfer Mode).
- Alcance nominal de 20Km con un presupuesto de 60Km dentro de las recomendaciones establecidas.
- Soporte de varias velocidades, las indicadas para APON/BPON y EPON. Alto nivel de funciones de Operación, Administración, Mantenimiento y Suministro OAM&P (Operation, Administration, Maintenance and Provisioning), de principio a fin en el manejo de los servicios.
- Seguridad en el tráfico debido a la operación en modo de radiodifusión para la transmisión en modo descendente heredado del estándar PON.

Los sistemas GPON se encuentran formados, en general, por un sistema de Terminación de Línea Óptica (OLT) y una Unidad de Red Óptica (ONU) o en su defecto una Terminación de Red Óptica (ONT) con una Red de Distribución Óptica (ODN) que las interconecta. Se consideran las características básicas de cualquier estándar de este tipo, como la multiplexación, el esquema de transporte, las etapas y componentes del sistema, las características de los equipos que actualmente se están normalizando para su interoperabilidad entre diferentes marcas comerciales y los servicios específicos a prestar.

Dado que se trata de una red pasiva, el alcance de la señal está restringido por las características de potencia máxima y mínima de los equipos terminales. En base a las adaptaciones tomadas por los fabricantes, el alcance de la señal llega a ser comúnmente de 20Km. Para la conexión entre la OLT y las diferentes ONT, se las enlaza por medio de fibra óptica, con señales asignadas en diferentes longitudes de onda, para evitar colisiones en el envío de datos ya sea de forma ascendente o descendente. La función que tienen los divisores ópticos principalmente, es repartir y destinar la señal proveniente desde la OLT hacia los terminales ópticos en una cantidad de hasta 64 ONT. (Pereda, 2005).

- **TECNOLOGÍAS Y PROTOCOLOS UTILIZADOS POR LAS REDES GPON**

En la transmisión de la información se cuenta con la aprobación del uso de la tecnología TDM (Time Division Multiplexing) para el envío descendente de la información con períodos de transmisión fijos y TDMA (Time Division Multiple Access) en sentido ascendente, que posibilita la ausencia de colisiones como se anotó con anterioridad. Debido a la topología en árbol de la red GPON, se utiliza broadcasting para enviar la señal a todos los miembros de la red, que cuentan con la capacidad de discriminar los datos hacia el correspondiente ONT, utilizando técnicas de seguridad como el Estándar de Encriptación Avanzada AES (Advanced Encryption Standard), brindando mayor confiabilidad. (Millán, 2010), (Pereda, 2005)

Además, utiliza de forma eficiente el ancho de banda al disponer de éste en los instantes en el cual hay tráfico y ampliando la capacidad de los usuarios en forma individual gracias a la técnica conocida como Asignación Dinámica del Ancho de Banda DBA (Dynamic Bandwidth Allocation). En el transporte de datos, se ha optado por la aplicación de protocolos usados en estándares previos a GPON como lo es ATM (Asynchronous Transfer

Mode) Modo de Transferencia Asíncrona y GEM (GPON Encapsulation Method), Método de Encapsulación GPON que resulta de una adaptación del estándar GFP (Generic Frame Procedure) definido en la recomendación ITU-T G.7041. (Millán, 2010)

- **DBA DYNAMIC BANDWIDTH ALLOCATION.**

La Asignación Dinámica de Ancho de Banda (DBA), es una técnica por la cual el ancho de banda de un medio de comunicación compartido puede ser asignado de forma adecuada y dependiendo de la necesidad entre diferentes usuarios. Es una forma de manejo de ancho de banda y es básicamente igual a la multiplexación estática, donde la compartición de un enlace se adapta de alguna forma para la demanda del tráfico instantáneo de los nodos conectados a dicho enlace.

Su funcionalidad rescata algunas de las opciones de redes compartidas cuando varios usuarios pertenecientes a una red no se hallen conectados, aquellos que si lo están se benefician con una mayor capacidad para la transmisión de datos, dando cabida a esa información en los intervalos no utilizados del ancho de banda. (Millán, 2007)

- **ATM ASYNCHRONOUS TRANSFER MODE**

ATM es una tecnología de transmisión de datos digital, implementado como un protocolo de red por conmutación de paquetes de tamaño fijo, con la ventaja sobre IP o Ethernet en el aprovechamiento de las cualidades de la conmutación de circuitos y de paquetes para la transmisión en tiempo real de la información, en un modelo de conexión orientada con el establecimiento de un circuito virtual entre los puntos de enlace previo al intercambio de datos. Se considera a este protocolo, como base de funcionamiento en

tecnologías como SONET y SDH en la estructura central (backbone) de la red pública conmutada de telefonía PSTN (Public Switched Telephone Network).

- **GEM GPON ENCAPSULATION METHOD**

Se trata de la innovación en el protocolo de encriptación definido por la ITU-T G.984.3, el mismo que resulta una evolución del protocolo de entramado genérico GFP, que define las maneras de encapsular la información de longitud variable de diversas señales, para transportarlas por redes SDH (Jerarquía Digital Síncrona) u OTN (Oracle Technology Network). (Millán, 2007), (García, 2014).

El método de encapsulación que emplea GPON permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) por lo que es un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125 ms. Al ser una adaptación de GFP, con modificaciones menores para optimizarla para las tecnologías PON de manera que no sólo ofrece mayor ancho de banda, sino también más eficiencia y la posibilidad de permitir a las redes continuar ofreciendo sus servicios tradicionales sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. En el protocolo GEM el tráfico se transporta mediante el protocolo de convergencia de transmisión GPON GTC (*GPON Transmission Convergence*) de forma transparente. En sentido ascendente, es decir, desde la OLT hacia la ONU se utiliza una partición de cabida útil GEM. La estación OLT atribuye la duración que se necesite en sentido descendente, hasta incluir toda la trama descendente (García, 2014).

La subcapa de entramado de la ONU filtra las tramas entrantes en base al identificador de puertos (Port-ID) entregando las tramas adecuadas al cliente GEM de la ONU adecuada.

El adaptador OMCI del equipo ONU es el responsable del filtrado y encapsulado de células o tramas en sentido descendente y la encapsulación de las unidades de datos de protocolo PDU (*Protocol Data Unit*) en sentido ascendente.

De manera anexa el adaptador OMCI de la estación realiza el filtrado y desencapsulado de las células y las tramas en sentido ascendente, también es el responsable de encapsular las PDU de 48 bytes procedentes de la lógica de control OMCI en el formato adecuado para su transporte hacia la ONU. (García, 2014).

2.2.4. CARACTERISTICAS DEL ESTANDAR GPON

2.2.4.1. OBJETIVOS DEL ESTANDAR GPON

Los objetivos por los cuales surgió este estándar son los siguientes:

- *Transporte multiservicios*: El estándar GPON es una solución de acceso de alta capacidad para servicios de voz, ethernet 10/100 Base T, ATM, Frame relay, etc.
- *Alcance*: Tal vez una de las características más importantes sea el alcance que pueden soportar, máximo de 20 Km, aunque el estándar se ha preparado para que pueda llegar hasta los 60 km.
- *Multirate*: Poseen un soporte de varias velocidades con el mismo protocolo, incluyendo velocidades simétricas de 622Mbps, 1.25Gbps, y asimétricas de 2.488Gbps en el enlace descendente y 1.244Gbps en el ascendente.
- Posee una capacidad avanzada de servicios de operación, administración y mantenimiento de punto a punto.
- *Seguridad*: El nivel que tiene este protocolo es de encriptado para el sentido descendente, tiene el multicast del protocolo PON.³

³ LLANGARI, NELSON "REDES DE ACCESO GPON". Pág. 3

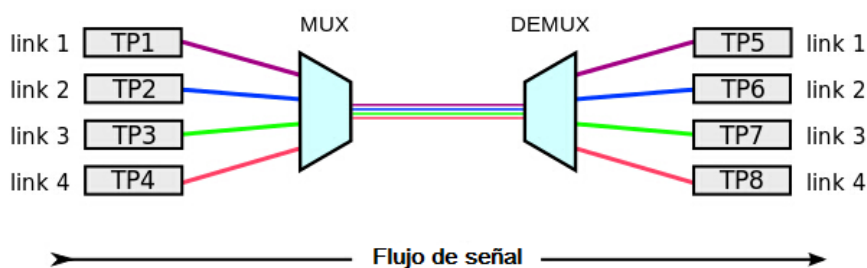
2.2.4.2. PARAMETROS TÉCNICOS DEL ESTANDAR GPON

MULTIPLEXACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Tanto el sentido descendente como el ascendente viajan en la misma fibra óptica. Para ello se utiliza una multiplexación WDM (*Wavelength Division Multiplexing*).

WDM es una técnica de transmisión por fibra óptica. Consiste en multiplexar diferentes longitudes de onda en una simple fibra. Entonces el espectro óptico correspondiente a la región de bajas pérdidas en fibras, se divide en algún número de canales de pequeña capacidad. WDM posee la capacidad de transparencia, esto debido a que no existe proceso electrónico alguno en la red. Los canales actúan como si fueran fibras independientes. Esta propiedad hace posible el soporte de varios formatos de datos y servicios en forma simultánea en la misma red. Esto da paso al soporte para futuros protocolos de transmisión, así como los ya existentes. (Millán, 2005)

FIGURA 2.1 Diagrama de multiplexación y demultiplexación óptica aplicado en WDM



FUENTE: FEBER OPTIC SOLUTIONS, 2016

NIVELES DE POTENCIA DEL ESTÁNDAR GPON

La atenuación máxima que soporte un sistema que utilice el estándar GPON estará dado por la potencia máxima garantizada por la OLT (*Optical Line Termination*) menos la potencia mínima que es capaz de percibir la ONT (*Optical Network Termination*).

Los valores mínimos de potencia para el OLT en el siguiente cuadro:

Tabla 2.1 Niveles De Potencia.

TIPO	POTENCIA MEDIA MINIMA (dBm)
A	-4
B+	+1
C	+5

FUENTE: Movistar, 2015

Los valores mínimos de la sensibilidad para la ONT en el siguiente cuadro:

Tabla 2.2 Niveles de sensibilidad.

TIPO	POTENCIA MEDIA MINIMA (dBm)
A	-25
B+	-27
C	-26

FUENTE: Movistar, 2015

2.2.4.3. ARQUITECTURA DE LA RED ÓPTICA DE ACCESO

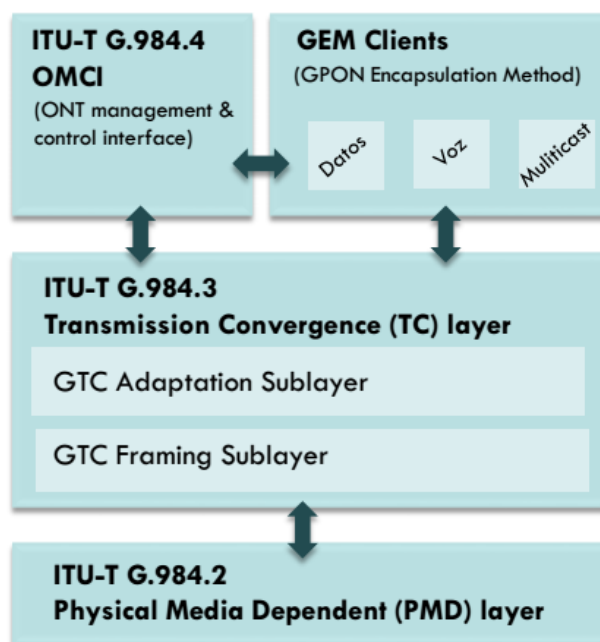
Una red GPON está conformada de los siguientes elementos un OLT que estará ubicado en las instalaciones del proveedor, en ella se encuentran diversos puertos de línea GPON y cada uno puede soportar hasta 64 ONTs dependiendo de un suministrador, la cual se conecta mediante fibra monomodo al splitter primario que se encuentra en el FDH distribuyéndose a la OND conectado a la fibra óptica monomodo al splitter secundario llegando a los usuarios finales donde se instalan las ONTs por medio de Cable Drop. (Millán, 2010)

Para que haya una conexión se aprovechara la fibra óptica y así puedan transmitir datos de la OLT a la ONT que se transportará una longitud de onda downstream por un pequeño pasivo, que su función es de dividir la señal de luz que se encuentra en la entrada en diversas salidas. La serie comercial de los splitter pueden ser 1 x n (donde $n = 2, 4, 8, 16, 32, \text{ o } 64$) que se encuentran en diferentes emplazamientos hasta llegar a los abonados. A esto

se lo conoce como una arquitectura punto a multipunto, que es descrita como una topología en árbol. (Ojeda, 2009)

Los datos upstream que viajan desde la ONT a la OLT son asignados en una longitud de onda distinta para que de esta manera se pueda evitar alguna colisión en la transmisión downstream; la unidad divisora pasiva es la encargada de combinar en una dirección de tráfico distinta, permitiendo que la OLT recolecte el tráfico en la misma fibra que downstream. (Millán, 2010)

FIGURA 2.2 *Arquitectura de red GPON*



FUENTE: Telnet, 2012

ELEMENTOS DE UNA RED GPON

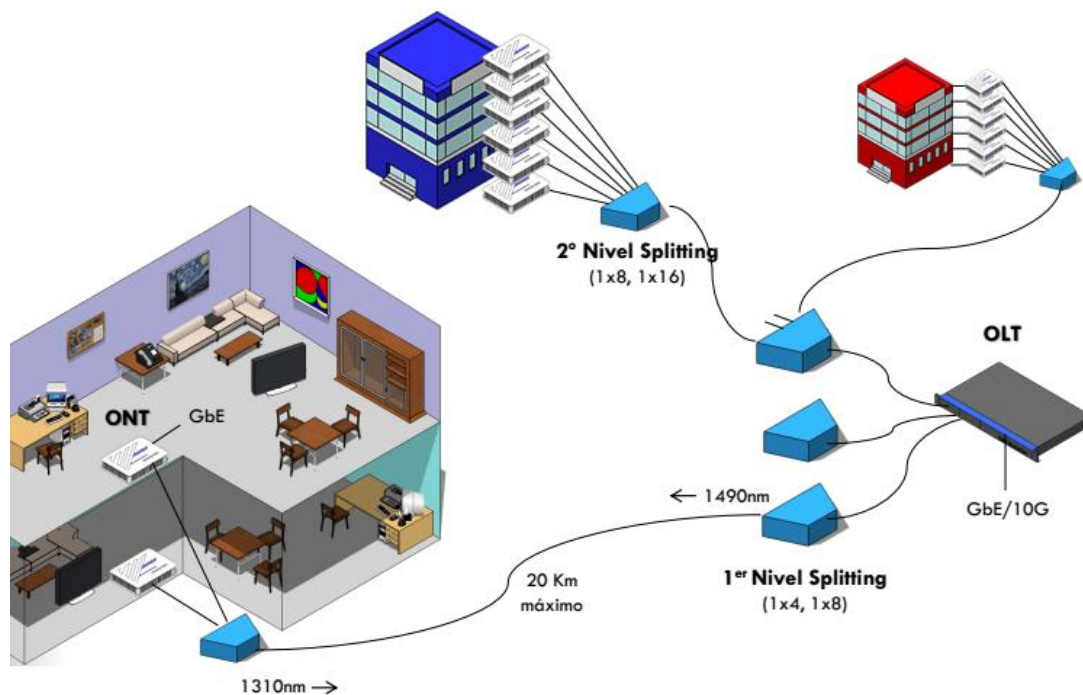
En la figura 3 se puede observar la configuración típica de una red GPON con sus componentes y características principales.

FIBRA ÓPTICA

Se puede definir como un cable constituido por uno o más hilos muy finos de material transparente de vidrio o de plástico que son capaces de transportar pulsos de luz que representa los datos a transmitir, posee dos filamentos para la comunicación de forma

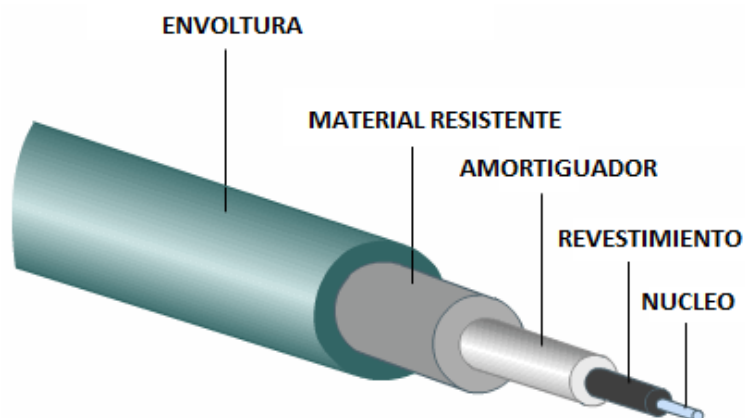
bidireccional TX y RX. Su grosor es comparado con el del cabello humano es decir un aproximado de 0,1 mm y tiene las características necesarias para la transmisión de haces que llevan la información. (Ojeda, 2009)

FIGURA 2.3 Elementos de una red GPON



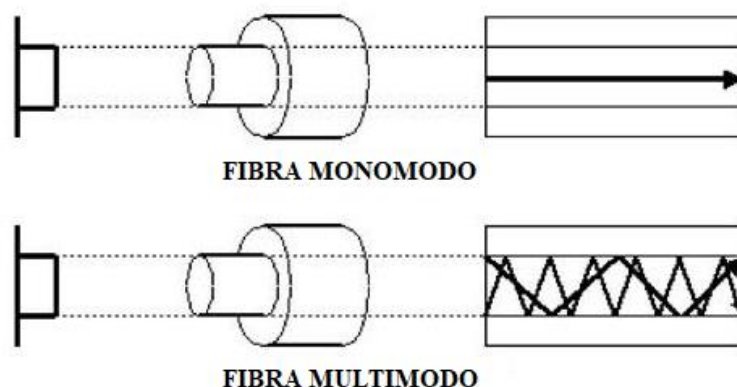
FUENTE: Telnet, 2012

En la forma comercial de cable tiene cinco partes generales: Núcleo, Revestimiento, Amortiguador, Material Resistente y un Revestimiento Exterior o Envoltura.

FIGURA 2.4 Estructura interna de la fibra óptica**FUENTE:** Telnet, 2012

Dentro de los parámetros que se deben considerar intrínsecos de la fibra óptica están aquellos que implican el manejo del haz de luz emitido desde la fuente, bien sea esto desde diodos LED (*Light Emitting Diode*) o diodos de inyección láser ILD (*Injection Laser Diode*) como la reflexión y refracción, que determinan el diseño de la fibra en la aplicación y uso en cuanto a pérdidas y rendimiento. Otra de las características a citar son los modos de la fibra óptica, trayectos por los que puede viajar el rayo de luz emitido por medio de la fibra. Así cabe citar los tipos de fibra de acuerdo a la cantidad de modos:

- **Fibra Monomodo.** Su característica principal es la propagación de un solo modo de luz a través de un núcleo menor al definido para la fibra multimodo. Las ventajas que se consiguen tienen que ver en la cantidad de datos que se transmiten en mayor número y a mayores distancias comparado al anterior tipo de fibra. El inconveniente que surge tiene que ver con su costo.
- **Fibra Multimodo.** Cuyo radio de núcleo es lo suficientemente amplio para permitir la circulación de varios rayos de luz. El índice de refracción del vidrio de su núcleo comparado con el límite de su núcleo, define el tipo de fibra multimodo en dos tipos: de índice graduado e índice escalonado.

FIGURA 2.5 Fibra monomodo y multimodo***OLT (Optical Line Termination)***

Es un elemento activo situado en la cabecera, de él parten las fibras ópticas hacia los usuarios (cada OLT tiene la capacidad de dar servicio a varios usuarios). (Huawei, 2018)

Las características de una OLT son las siguientes:

- Agrega tráfico y lo encamina hacia los clientes.
- Funciona como router para ofrecer todos los servicios.
- Cuando no se implementa red de alimentación esta se encuentra en la central.
- La comunicación entre OLT y ONT son elementos completamente pasivos.
- Conexión de OLT a varios ONTs usando divisores ópticos.
- La red GPON puede estar equipada hasta con 64 ONTs.
- La longitud máxima de conexión entre la OLT y la ONT es de 20 km.
- La longitud de onda para la OLT es de 1490 nm (descarga) y por las ONTs 1310 nm (subida).

Tabla 2.2.43 Características principales de fibras ópticas normalizadas

EIA-492; ISO/IEC 793. FIBRA MULTIMODO 62,5/125.	
.Apertura numérica	NA de 0,275 (tolerancia 0,015)
.Perfil de índice de refracción	Parabólico (<i>graded index</i>). Usado en redes de datos y FDDI.
.Índice de refracción	1,9 %
.Diámetro del núcleo	62,5 μm (tolerancia 3 μm)
.Diámetro del revestimiento (Cladding)	125 μm (tolerancia 1 μm)
.Recubrimiento de silicona Coating	245 μm (tolerancia 10 μm)
.Longitud de onda de aplicación	850 y 1300 nm
.Atenuación a 850 nm	Entre 3 y 3,2 dB/km
.Atenuación a 1300 nm	Entre 0,7 y 0,8 dB/km
.Ancho de banda a 850 nm	Entre 200 y 300 MHz.km
.Ancho de banda a 1300 nm	Entre 400 y 600 MHz.km
ITU-T (CCITT) G.651. FIBRA MULTIMODO 50/125.	
.Apertura numérica	NA=0,18 a 0,24 (tolerancia 10%)
.Perfil del índice de refracción	parabólico
.Diámetro del núcleo	50 μm (tolerancia 3 μm) y del revestimiento 125 μm (3 μm)
.Recubrimiento de silicona Coating	245 μm (tolerancia 10 μm)
.Error de concentricidad	6%
.Error de circularidad del núcleo	6%
.Error de circularidad del revestimiento	2%
.Atenuación a 850 nm	Entre 2,7 y 3 dB/km
.Atenuación a 1300 nm	Entre 0,7 y 0,8 2 dB/km
.Ancho de banda a 850 nm	Entre 300 y 500 MHz
.Ancho de banda a 1300 nm	Entre 500 y 1000 MHz
ITU-T G.652. FIBRA MONOMODO STANDARD.	
.Longitud onda corte	1,18 a 1,27 μm
.Diámetro del campo modal	9,3 (8 a 10) μm (tolerancia 10%)
.Diámetro del revestimiento	125 μm (tolerancia 3 μm)
.Recubrimiento de silicona Coating	245 μm (tolerancia 10 μm). Acrilato curado con UV.
.Error de circularidad del revestimiento	2%
.Error de concentricidad del campo modal	1 μm
.Atenuación	de 0,4 a 1 dB/km en 1300 nm
.Atenuación	de 0,25 a 0,5 dB/km en 1550 nm
.Dispersión cromática 1285-1330 nm	3,5 ps/km.nm
.Dispersión cromática 1270-1340 nm	6 ps/km.nm
.Dispersión cromática en 1550 nm	20 ps/km.nm
ITU-T G.653. FIBRA SM DISPERSION SHIFT.	
.Diámetro del campo modal	8 (7 a 8,3) μm (tolerancia 10%)
.Diámetro del revestimiento	125 μm (tolerancia 3 μm)
.Recubrimiento de silicona Coating	245 μm (tolerancia 10 μm)
.Error de circularidad del revestimiento	2%
.Error de concentricidad del campo modal	1 μm
.Atenuación	inferior a 0,25 a 0,5 dB/Km en 1550 nm
.Atenuación	inferior a 1 dB/Km en 1300 nm
.Dispersión cromática	3,5 ps/km.nm entre 1525-1575 nm
ITU-T G.654. FIBRA SM DE MINIMA ATENUACION	
.Diámetro del revestimiento	125 μm (tolerancia 3 μm)
.Error de circularidad del revestimiento	2 %
.Error de concentricidad del campo modal	1 μm
.Recubrimiento de silicona Coating	245 μm (tolerancia 10 μm)
.Atenuación inferior a	0,15 a 0,25 dB/Km a 1550 nm
.Dispersión cromática	20 ps/km.nm en 1550 nm
ITU-T G.655. SM NON ZERO DISPERSION SHIFT.	
.Diámetro del campo modal	8,4 μm (tolerancia 0,6 μm). Diámetro núcleo 6 μm .
.Diámetro del revestimiento	125 μm (tolerancia 1 μm)
.Longitud de onda de corte	1260 nm
.Atenuación	Desde 0,22 a 0,30 dB/Km en 1550 nm
.Dispersión cromática	4,6 ps/km.nm en 1550 nm
.Zona de dispersión no-nula	Desde 1540 a 1560 nm

FUENTE: Normativa GPON UIT-T G.654

FIGURA 2.6 OLT MA5608T HUAWEI**FUENTE:** HUAWEI, 2015**ONT (Optical Network Terminal)**

Es el dispositivo donde se realiza la conversión de las señales ópticas a eléctricas en sentido descendente y viceversa en sentido ascendente; la ONT estará situada en la casa del usuario donde termina la fibra óptica ofreciéndole las interfaces al usuario. Es la encargada de recibir y filtrar la información que se ha destinado para el abonado que procede de un OLT, además en su objetivo está el encapsulado de información que procede del usuario y la envía en dirección a la OLT de cabecera, para que de esta manera pueda ser redireccionada a la red que corresponde. (Huawei, 2018)

Según los servicios e interfaces que se quieran ofrecer existen gran variedad de ONTs entre ellas tenemos tres:

- Interfaces de Fast-Ethernet este alcanza velocidades hasta 100Mbps, ofreciendo servicios de TV e Internet a los usuarios residenciales.
- Debido a que se utiliza fibra óptica la Interfaces de Gigabit Ethernet tiende a superar velocidades hasta de 1Gbps mediante los cuales se puede dar servicio óptimo a empresas.
- Interfaces E1 o STM-1 estos son específicos para dar servicios a empresas.

Según su función existen dos tipos de ONT:

- H-OLT: ONT del Hogar (Home ONT) se encarga de dar servicio directamente a un usuario específico y se instala dentro del hogar en redes FTTH.
- B-ONT: ONT de edificio (Building ONT) su función es de dar servicios a diferentes usuarios que se encuentran conectados a él, a través de un repartidor, se instala en los cuartos de comunicación de los edificios o empresas en redes FTTB.

En la actualidad no existe interoperabilidad entre la OLT y ONT GPON, por lo cual deben ser del mismo fabricante para que exista una compatibilidad entre sí.

FIGURA 2.7 ONT MA5626 HUAWEI



FUENTE: HUAWEI, 2015

DIVISORES OPTICOS (Splitters)

Se encuentra situado entre el OLT y las ONT, su función principal es de multiplexar y demultiplexar las señales que ha recibido además es capaz de combinar potencia permitiendo que la señal que se accede por el puerto de entrada que viene del OLT se divida entre los múltiples puertos de entrada, la señal que es accedida por la salida que proceden de las ONT se combinan en la entrada. (Huawei, 2018)

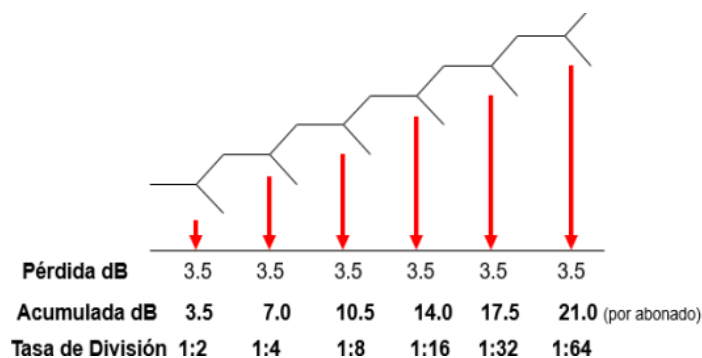
FIGURA 2.8 Splitters 1:32 con tipo de conector SC



FUENTE: HUAWEI.

Los splitter son los que se encargan del suministrado que es caracterizado con las medidas de Pérdida de Inserción y Pérdida de Retorno de cada una de sus ramas, a continuación, se muestran los valores típicos de perdida.

FIGURA 2.9 Atenuación de Splitters



FUENTE: TELNET, 2012

CONECTORES

Los conectores ópticos constituyen, quizás, uno de los elementos más importantes dentro de la gama de dispositivos pasivos necesarios para establecer un enlace óptico, siendo su misión, junto con el adaptador, la de permitir el alineamiento y unión temporal y repetitivo, de dos o más fibras ópticas entre sí y en las mejores condiciones ópticas posibles. (Huawei, 2018)

FIGURA 2.10 Tipos de conectores de fibra óptica.

FUENTE: CONECTORES DE FIBRA OPTICA, SILEXFIBER S.A.

2.2.4.4. CARACTERISTICAS DE LA FIBRA OPTICA

La fibra Óptica, vista desde un contexto general se constituye en una guía de onda ideal para transmisión de información. Por este medio de transmisión pasan señales de luz, que se propaga por la reflexión total que se produce en el interior. Pero la fibra óptica está fabricada por un material, por lo tanto, las propiedades físicas de ese material introducen algunos cambios en la propagación de las señales de luz. El material de la fibra no es el único que da lugar a pérdidas en ella.

- **DISPERSIÓN.**

La dispersión es el efecto en el que varios componentes de una señal transmitida viajan a diferentes velocidades de propagación en la fibra y llegan a distintos tiempos en el receptor.

En un sistema de comunicación óptico se presentan diferentes tipos de dispersión. Los más importantes son: dispersión intermodal, dispersión de polarización y dispersión

cromática que cuantifica la limitación que impone la dispersión sobre la longitud de enlace y velocidad. La dispersión de polarización surge porque la fibra en su constitución física no es perfectamente circular. La principal dispersión es la cromática, la cual es una característica de la fibra, cada fibra tiene una dispersión cromática diferente.

La dispersión intermodal, surge solo en la fibra multimodo, donde los diferentes modos viajan a diferentes velocidades, a continuación, realizamos el cálculo del coeficiente de dispersión: (Capmany, 2001)

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ total} = \sqrt{(\Delta\tau_{1/2} \text{ modal})^2 + (\Delta\tau_{1/2} \text{ cromática})^2} \quad (2.1)$$

Cálculo de la dispersión modal:

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ modal} = \frac{441}{b_1 \times L^{-\gamma}} \quad (2.2)$$

Cálculo de la dispersión cromática:

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ cromática} = \Delta\lambda \cdot L \cdot \sqrt{D(\lambda)^2 + S_0^2 \frac{(\Delta\lambda)^2}{8}} \quad (2.3)$$

En donde:

L (longitud del enlace LI).

Δλ (linewidth del pulso del diodo led):

λ (longitud de onda de trabajo del sistema):

b₁ (ancho de banda por longitud de fibra):

γ (coeficiente de concatenación):

S₀ (slope dispersión cero):

λ₀ (longitud de onda dispersión es cero):

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \quad (2.4)$$

ATENUACIÓN.

La atenuación en una fibra óptica, es la pérdida de potencia óptica cuando la señal viaja a través de la fibra. La atenuación intrínseca se produce porque en el proceso de fabricación de la fibra, esta no es completamente pura. La atenuación extrínseca es producida por algún mecanismo externo que curva la fibra óptica.

La longitud de onda de la luz que atraviesa la fibra óptica también afecta la atenuación. La atenuación es medida en decibeles. En una fibra óptica de vidrio, la atenuación es baja para señales de luz con longitud de onda grandes y la atenuación será mayor para señales de luz con longitud de onda corta.

Los valores de atenuación para una longitud de fibra óptica, pueden ser calculados usando los coeficientes de atenuación para un específico tipo de fibra óptica. Esta información la podemos encontrar en la hoja de datos del fabricante de la fibra óptica. Para el cálculo de la máxima atenuación tenemos que multiplicar el coeficiente de atenuación con la longitud de fibra a usar. (Capmany, 2001)

$$At = (As * Ns) + (Al * L) + (Ae * Ne) + (Ac * Nc) \quad (2.5)$$

En donde:

At = Atenuación total

As = Atenuación por splitter

Al = Coeficiente de atenuación

L = Longitud total de la fibra optica

Ae = Atenuación por empalme

Ne = Numero de empalmes

Ac = Atenuación de conector

Nc = Numero de conectores

Pt = Potencia del transmisor

Pr = Potencia del receptor

Mc = Margen de seguridad del cable

Mi = Margen de interfaz optico

ANCHO DE BANDA MÍNIMO

Es necesario conocer el ancho de banda mínimo de la red que se va a diseñar. El cálculo del ancho de banda varía de acuerdo a si la fibra óptica es monomodo o multimodo. En el caso de la fibra óptica multimodo, el ancho de banda se ve limitado por la dispersión modal y la dispersión cromática y por parámetros propio de los equipos generadores y receptores de luz.

Para una fibra óptica monomodo el ancho de banda de una red de fibra óptica está limitado por la dispersión cromática del material y por la dispersión de guía de onda, también está limitado por parámetros propio de los equipos emisores y receptores de luz. (Capmany, 2001)

$$AB_{min} = \frac{0,5}{D * Wc * \Delta\alpha} \quad (2.5)$$

Donde:

D = Distancia máxima permitida

Wc = coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica

$\Delta\alpha$ = Ancho espectral del láser.

2.2.5. ANALISIS DE VIABILIDAD MEDIANTE EL ARBOL DE PROBLEMAS

El Árbol de problemas es una técnica que nos permitirá diagnosticar el problema o necesidad central, así como las causas y efectos relacionadas con el mismo.

A partir de la localización e identificación de las carencias y necesidades se irá planificando la intervención, con la posterior formulación de objetivos y categorización de las acciones a desarrollar. (Martínez, 2017)

2.2.5.1. VENTAJAS DE LA TÉCNICA ARBOL DE PROBLEMAS

Desde el punto de vista de la planificación, podemos destacar como utilidades o ventajas de la técnica “árbol de problemas” las siguientes:

- Permite realizar una **visión compartida de los problemas** de la comunidad y concretar las actuaciones de manera específica.
- Permite mostrar la **complejidad del problema**, plasmando de manera sencilla y clara el impacto de nuestras actuaciones.
- El esquema elaborado servirá de guía para la **gestión de resultados de la intervención**.
- Proporcionará una referencia objetiva para la **ejecución y coordinación** de acciones entre los diferentes agentes implicados.

2.2.5.2. CONSTRUCCION DEL ARBOL DE PROBLEMAS

Para construir el árbol de problemas se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

Identificar el problema central de la intervención, situándolo en el centro del esquema.

- Destacar el déficit o carencia que se presenta en la comunidad.
- Se debe representar una carencia real (es decir, no se puede confundir con la falta de un servicio específico o prestación, por ejemplo, alto índice de población en riesgo de exclusión por falta de ayudas económicas).

Analizar y verificar los efectos del problema central.

- Se pueden clasificar en efectos generales y específicos.
- De manera esquemática se representa un nivel por encima del problema central.
- Si para cada efecto de primer nivel hay otros posibles efectos se situarán en un segundo nivel y se enlazarán a los primeros.

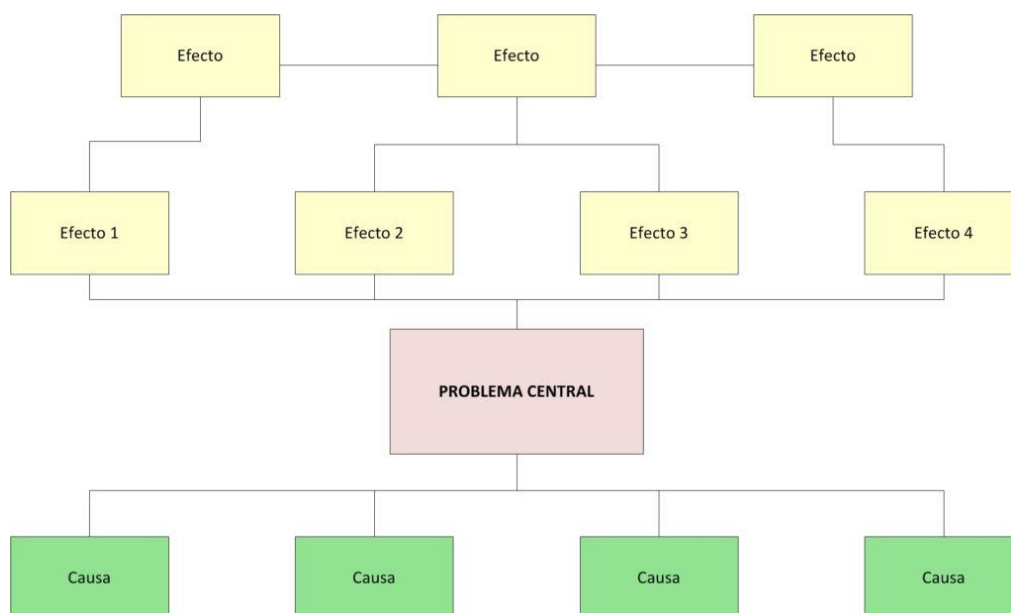
Establecer la **relación existente** entre los diferentes efectos que ocasiona el problema central.

Establecer las posibles **causas del problema** central.

- En la búsqueda de la solución, es posible que se identifique la causa de cada uno de los efectos negativos del problema central.
- Se pueden establecer las causas por orden de relevancia.
- Para establecer las causas basta con preguntarnos ¿Por qué ocurre el efecto (X)?
- Las causas serán representadas un nivel por debajo del problema central.

Representar las posibles soluciones relacionándolas con el efecto a paliar (conocido como árbol de objetivos). (Martínez, 2017)

FIGURA 2.11 Esquema del árbol de problemas.



Elaboración propia

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación es del tipo no experimental, ya que emplea técnicas de observación a un problema tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos para proponer una solución creativa a dicho problema.

Es del tipo Aplicada, porque se caracteriza por resolver problemas, para atender necesidades concretas y en función a la naturaleza del problema es del tipo creativa.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

Para el estudio del presente trabajo de investigación se tomó como población al personal que labora en el edificio administrativo de la universidad Nacional de Juliaca, ya que se tiene planificado realizar las mejoras en dicho lugar.

3.2.2. MUESTRA

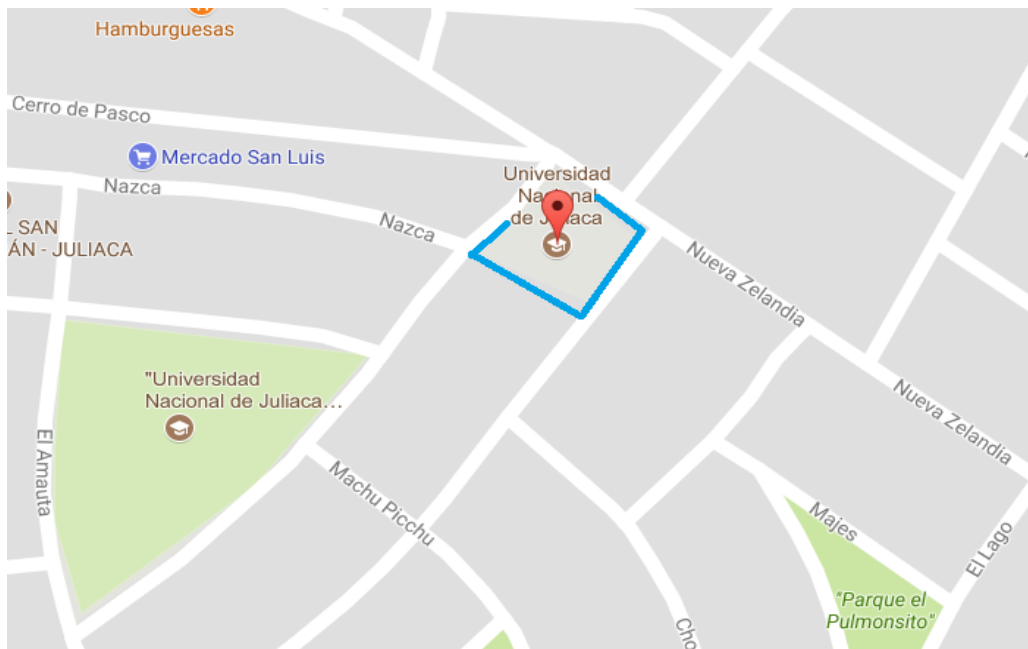
El tipo y tamaño de la muestra para el presente trabajo de investigación es del tipo no probabilístico donde el área de investigación (*edificio administrativo de la Universidad Nacional De Juliaca*) se seleccionó por conveniencia, proximidad y facilidad de acceso de información.

3.3. UBICACIÓN

La ubicación para el presente trabajo de investigación, se encuentra en la Región Puno, Provincia de San Román, en el distrito de Juliaca, exactamente nos referimos a la siguiente dirección: Av. Nueva Zelandia N° 631 Urb. La Capilla – Juliaca, lugar en donde

se encuentra el edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca con las coordenadas 15°29'17"S, 70°08'59"O (DATA CENTER).

FIGURA 3.12 Ubicación del área de investigación



FUENTE. Google maps, 2018

FIGURA 13.2 Edificio administrativo UNAJ.



Elaboración Propia

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.

3.4.1. TÉCNICAS

Para la recolección de la información se utilizó técnicas de la observación para obtener datos cualitativos y cuantitativos, haciendo un recorrido por todo el trayecto de la red de fibra del primer al quinto piso, recabando información de la cantidad de oficinas y puntos por oficina.

Además, se utilizó los planos de comunicaciones del edificio Administrativo proporcionados por los responsables del área para realizar los trazos y el despliegue final de la fibra.

3.4.2. INSTRUMENTOS

El instrumento utilizado fue la guía de observación de campo, se realiza en los lugares donde ocurren los hechos o fenómenos investigados. La investigación social y la educativa recurren en gran medida a esta modalidad.

3.5. PROCEDIMIENTOS DEL EXPERIMENTO

Se propone el despliegue de una red FTTH (*del inglés Fiber to the home*) para los 5 pisos con los que cuenta el edificio Administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca. El edificio se encuentra ubicado en la Av. Nueva Zelandia N° 631, con coordenadas 15°29'17"S, 70°08'59"O (DATA CENTER) de la sala de telecomunicaciones. se considera dicha medida, con el fin de centralizar el servicio suministrado por esta tecnología a un área específica y este servicio puede ser utilizado de manera eficiente por la comunidad universitaria. El edificio administrativo cuenta actualmente con 5 ambientes usados oficinas administrativas y 7 aulas distribuidos de la siguiente manera:

Tabla 3.1 Tabla de distribución de la fibra por niveles.

RECORRIDO HORIZONTAL DE LA FIBRA	METROS DE FIBRA OPTICA	NUMERO DE PCS
L1 - Primer piso	138,0 metros	14 unidades
L2 - Segundo piso	124,5 metros	55 unidades
L3 - Tercer piso	118,2 metros	28 unidades
L4 - Cuarto piso	136,8 metros	34 unidades
L5 - Quinto piso	98,06 metros	15 unidades

Elaboración propia

Se plantea la implementación de esta tecnología en la totalidad del edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca, con el fin de proveer a esta infraestructura de los servicios de banda ancha a alta velocidad dando la posibilidad del empleo de nuevas aplicaciones en tiempo real.

Para el diseño de la red se ha utilizado la normativa ITU-T G984 que es la encargada de la red óptica pasiva que soporta anchos de bandas hasta de 2,4Gbps y es lo que se necesita para tener una tecnología de punta en el Edificio Administrativo, además que minimiza los gastos operativos y de inversión; se elaboró lo siguiente:

- Tipo de Red que utilizare en el Diseño
- Tipo de Topología para la Red
- Diseño de la ubicación de los Splitters
- Diseño de la ubicación de las ONTs
- Tipo de red adecuada para el diseño.
- Topología que se emplea en la red
- Donde se ubicarán los equipos

3.5.1. TIPO Y VENTAJA DE LA FIBRA ÓPTICA A SER USADA

La fibra óptica seleccionada para este proyecto es el del tipo multimodo a continuación, se muestran las ventajas de este tipo de fibra óptica:

Tabla 3.1 Ventajas de la fibra óptica.

Fabricante	Corning
Serie de la fibra	InfiniCor SXi+fiber
Tamaño de la fibra	50/125 um
Máxima atenuación de la fibra	$\leq 2,3$ db/km a 850 nm $\leq 0,6$ db/km a 1300 nm
Ancho de banda- longitud	700 MHz-km a 850 nm 500 MHz-km a 1300 nm

Elaboración Propia

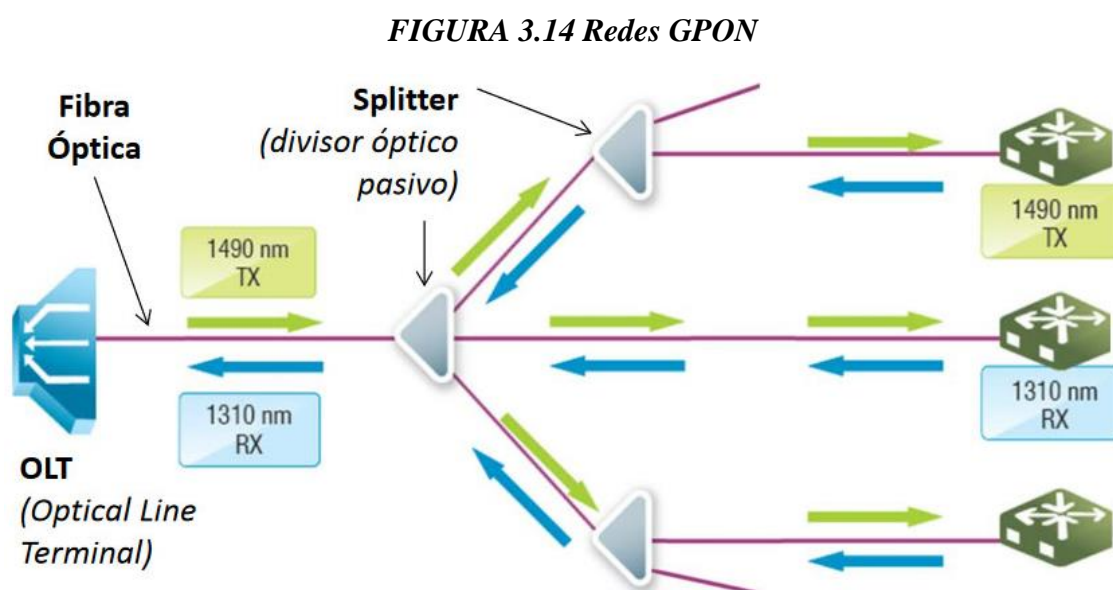
- La fibra multimodo se adapta mejor a distancias por debajo de los 2 Km.
- El ancho de banda de un sistema de fibras multimodo es más dependiente de su longitud. Para longitudes superiores a los 2 Km utilizando la fibra estándar 62,5/125 FDDI, es posible alcanzar un régimen de datos de hasta 100 Mbps.
- El equipamiento óptico para fibra multimodo es generalmente más económico que el de monomodo. Se utilizan a menudo diodos LED como generadores de luz.
- El cable de fibra óptica multimodo es normalmente más caro que el cable de fibra óptica monomodo, pero para distancias cortas el ahorro en el equipo óptico puede equilibrar el coste.
- La fibra óptica multimodo 62,5/125 es la estándar para las comunicaciones de las LAN, así como Ethernet, Token Ring y FDDI.
- La fibra multimodo es adecuada para longitudes de onda de 850 y 1.310 nm. Se puede extraer la conclusión de que los sistemas de fibra monomodo generalmente son utilizados para distancias largas (por encima de 2 Km). Las fibras multimodo están destinadas a aplicaciones de distancias cortas, como especifican los fabricantes de equipos ópticos.

3.5.2. TIPO Y DIMENSIONAMIENTO DE LA RED

Ya habiendo revisado en el capítulo anterior de las bondades y beneficios de la fibra óptica, se propone para el Edificio administrativo de la UNAJ un despliegue de red FTTH basado en los estándares de las redes ópticas pasivas - POL (*PASIVE OPTICAL NETWORK*).

POL, es una plataforma que utiliza la tecnología de red óptica pasiva para mejorar la disponibilidad y fiabilidad de las redes LAN, mientras que proporciona reducción tanto de los costos de capital. como de los operativos.

A la vez que mejora el rendimiento de la red, POL también posibilita la estructuración de una red con un número menor de dispositivos, menor consumo de energía y menor espacio.



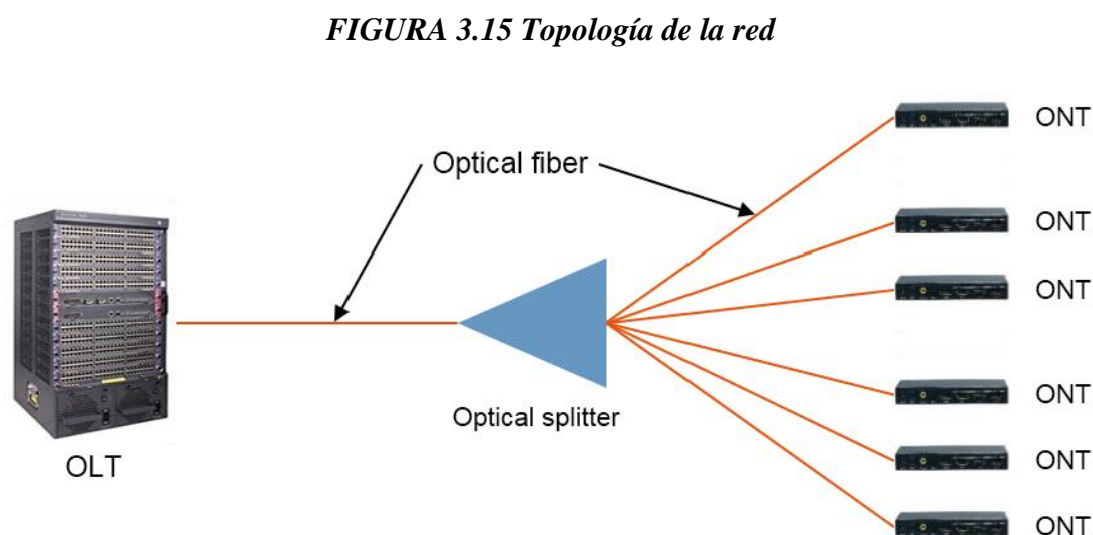
Para el dimensionamiento de la red, se ha de partir de las siguientes consideraciones:

- Para obtener el número de los posibles usuarios finales se contabilizó el número total de computadoras distribuidas en todos los ambientes del edificio Administrativo de la UNAJ.

- El presente diseño comprende la red física necesaria para el enlace de la red GPON comprendida entre la cabina OLT GPON y los equipos ONT GPON.
- La red se plantea dentro de la infraestructura FTTH (figura 14), con lo cual se establece una conexión del usuario mediante un enlace total por fibra óptica de inicio a fin.
- Las estaciones OLT estarán colocadas en sitios estratégicos que nos ayudarán a la formación de ramales para la expansión de la red en caso de ser requerido.

3.5.3. TOPOLOGIA DE LA RED

El tipo de topología que se usará en el diseño de red es la de árbol, esta topología permite usar una conexión en el nodo central (OLT) para luego ser distribuidas al FDH por el splitters principal que reparte la señal y la envía a los splitters secundarios y finalmente a los destinatarios que son las ONTs/ONUs como muestra la figura N° 14.

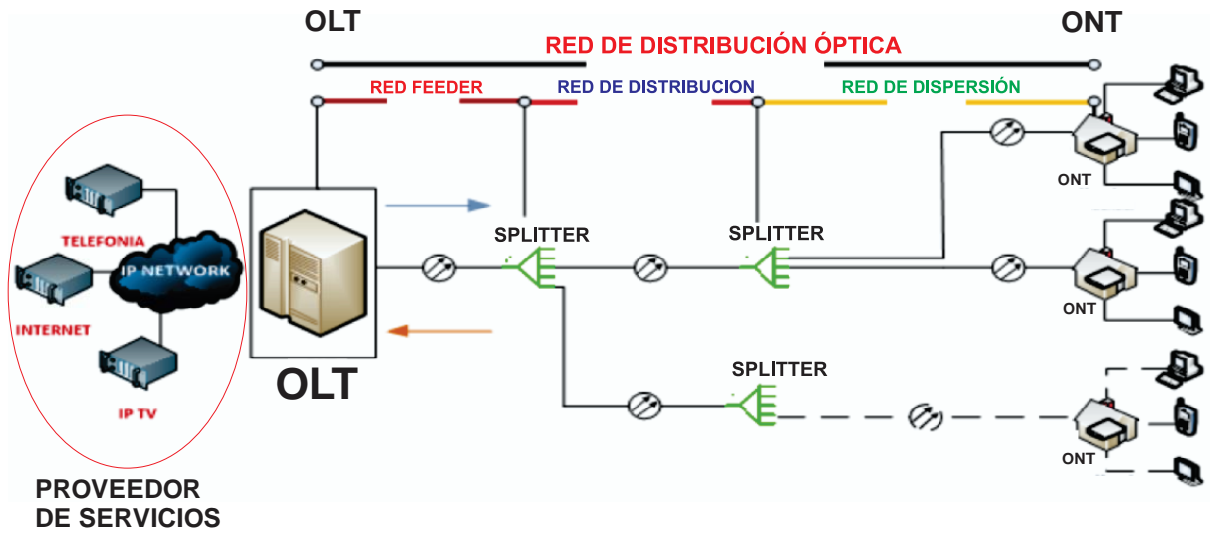


FUENTE: REDES EPON GPON

3.5.4. DISEÑO DISTRIBUTIVO DE LA RED

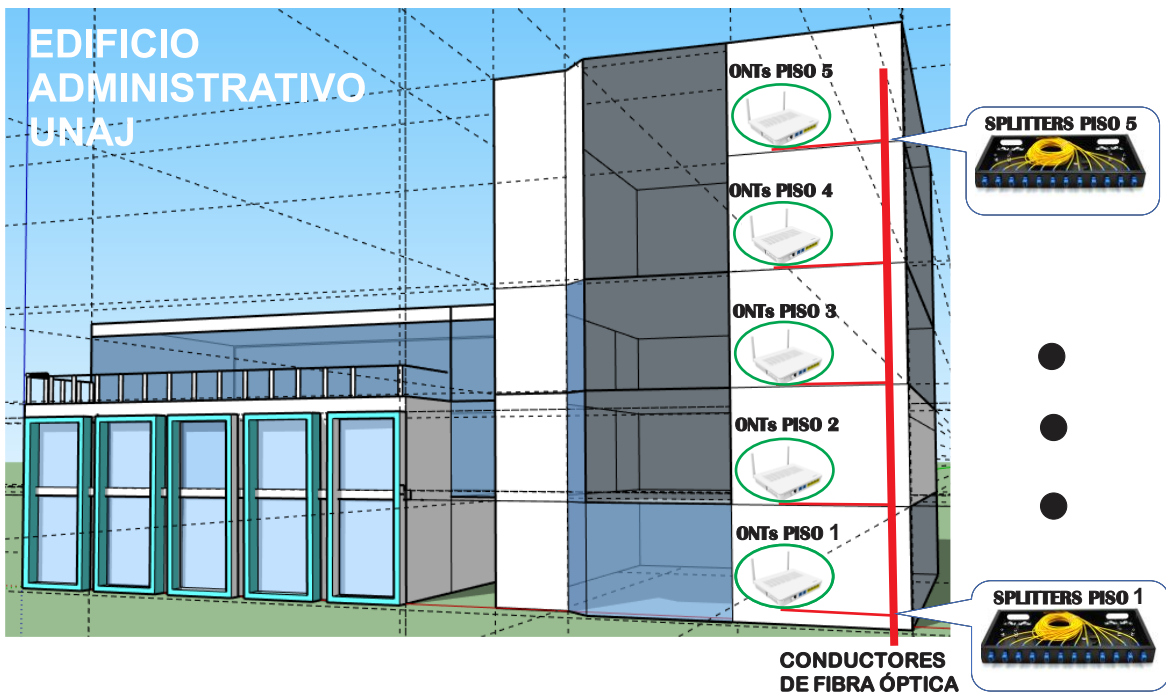
El diseño distributivo de la red está basado en la normativa ITU-T G.984 para redes pasivas.

FIGURA 3.16 ODN según normativa ITU-T G.984



FUENTE: TELNET, 2012

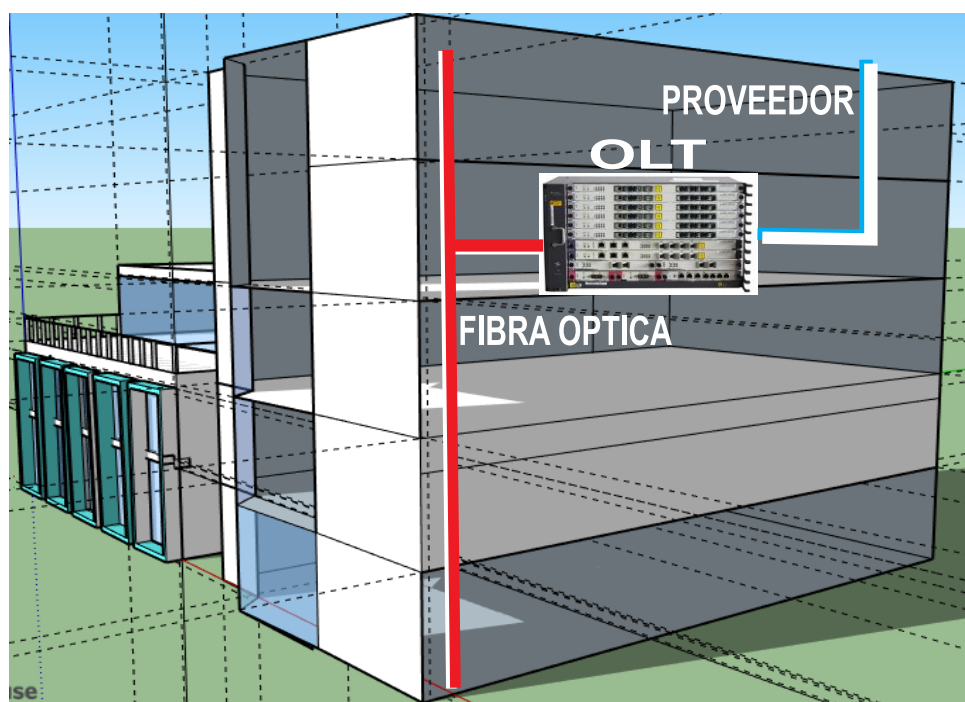
FIGURA 3.17 Diseño distributivo de la red



Elaboración Propia

- **Ubicación de la OLT**

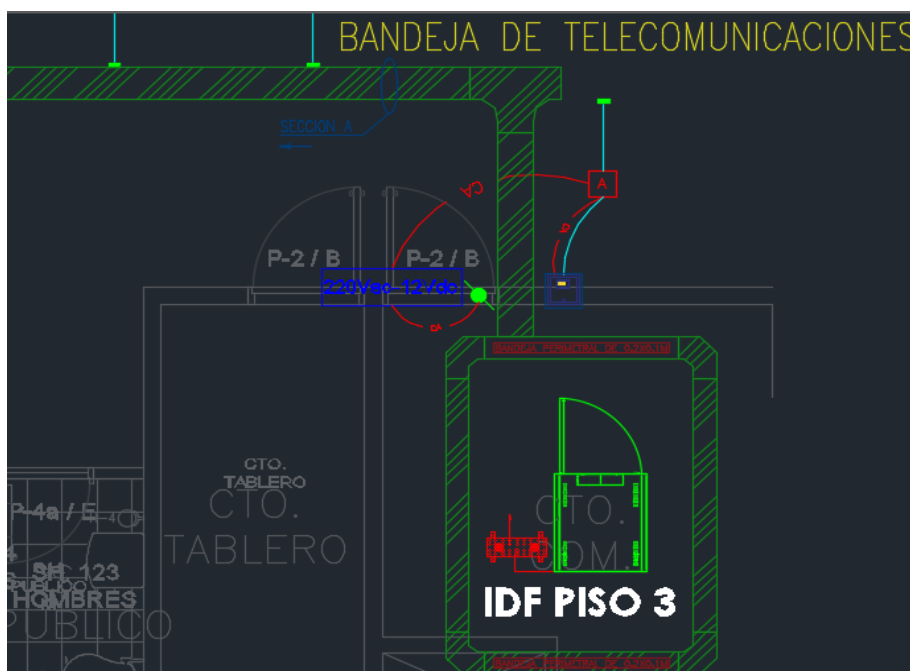
La OLT estará ubicada en la sala de comunicaciones ubicada en el cuarto piso del edificio administrativo de la UNAJ, desde allí se distribuirá al resto del edificio.

FIGURA 3.18 Ubicación de la OLT.**Elaboración Propia**

- **Ubicación de SPLITTERS**

Los Splitters principales estarán ubicados en los IDFs que se encontrarán estratégicamente en cada piso.

FIGURA 3.19 Ubicación de Splitters

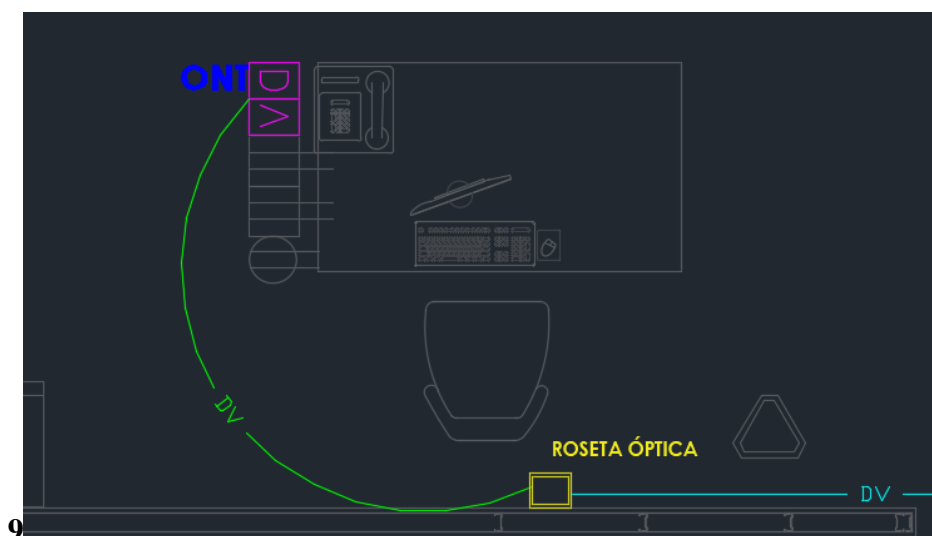


Elaboración Propia

- **Ubicación de ONTs**

Las ONTs se ubicarán dentro de cada oficina (a 3 metros de distancia entre la roseta óptica) y esta va a proporcionar el servicio de datos a dicha oficina tal como muestra la siguiente figura.

FIGURA 3.20 Ubicación de ONTs



Elaboración Propia

3.5.5. TERMINOS DE REFERENCIA Y CARACTERÍSTICAS DEL DISEÑO

Implementación de una infraestructura tecnológica basada en redes ópticas y tecnologías que optimicen el consumo de energía y contribuyan con el cuidado del medio ambiente. También se ha tomado en cuenta la seguridad, alto desempeño, disponibilidad y redundancia con la finalidad de garantizar la continuidad de la operación y su bajo costo de mantenimiento e instalación.

A) MATERIALES Y ACCESORIOS

Todos los materiales y accesorios deberán ser nuevos y de primera calidad, de primer uso y de fabricación reciente. De preferencia el fabricante deberá contar con presencia local o con un representante local legalmente constituido.

B) RESUMEN DE ESTÁNDARES Y NORMAS:

Se deberá considerar las siguientes normas y estándares:

- El Código Nacional de Electricidad, Suministro y Utilización
- La Ley de Concesiones Eléctricas N° 25844 del 92-11-15 y su Reglamento.
- El Decreto Supremo N°064-2010-EM Política Energética Nacional del Perú 2010-2040
- El Reglamento Nacional de Construcción, de junio del 2006.
- RM N° 175-2008 MEM / DM, del 11.04.08 Conductores no propagantes de llama, libre de Halógenos y ácidos corrosivos.
- Requerimientos de INDECI y CGBVP
- Alcances del servicio ofertado en la Propuesta Técnica
- Norma IEC 60364, sobre los esquemas de conexión a tierra (ECT)

- Las prescripciones del Estándar IEEE STD 142-1991 Tierra única
- Compatibilidad electromagnética
- IEEE 802.3ae 1000 Base-T Estándar Ethernet 10GE
- IEEE 802.3z 1000 Operación a 1000 Mbps (Gbps) sobre cable de fibra óptica.
- Protocolo Ethernet IEEE 802.1Q
- Norma ANSI/TIA 492AAAC-A (performance de cables de F.O. de 10 Gigabit)
- Estándar GPON (ITU-T G.984).
- Norma ANSI/TIA -568C-1, “Estándar para el Cableado de Telecomunicaciones Genérico para Instalaciones de Clientes”. aprobada en noviembre del 2009.
- Norma ANSI/TIA -568C.2 Transmission Performance Specifications for 4-pair 100 Ohms. Norma que crea y estipula directrices generales de los componentes de un sistema de telecomunicaciones en categoría 6A, con base en medios de transmisión de pares trenzados.
- Norma ANSI/TIA 568 C.3 Sistema con cables de fibra óptica multimodo 50/125.
- Norma ANSI/TIA 569C Espacios y canalizaciones para Telecomunicaciones
- Norma ANSI/TIA 606 Estándares para Administrar Infraestructuras de Telecomunicaciones
- Norma ANSI/TIA 942A Estándares de Infraestructura de Telecomunicaciones para Data Centers
- Estándar internacional ISO/IEC 11801 especifica sistemas de cableado estructurado.
- Normas UL y ETL.
- ANSI J STD 607A - Normas para puestas a tierra de telecomunicaciones
- Norma NFPA 70, artículo 250 Requerimientos generales para puestas a tierra de Instalaciones eléctricas

- Norma NFPA 101: Código de seguridad humana
- Norma NFPA 2001: Estándar para sistemas de extinción de incendios de agente limpio
- Norma Técnica A.130 Requisitos de Seguridad.

C) CONSIDERACIONES GENERALES

- El equipamiento referente a la solución Passive Optical Lan deberá ser suministrada por un único fabricante con la finalidad de garantizar su correcta integración, funcionamiento, desempeño, seguridad, soporte post venta y las garantías por defecto de fábrica.
- El postor deberá contar con personal certificado por el fabricante de la solución Passive Optical Lan; para lo cual deberá presentar copia del certificado emitido por el fabricante, el que deberá encontrarse vigente.

D) ESPECIFICACIONES TECNICAS

i) Objetivo General

El principal objetivo del proyecto es la de implementar una solución de PASSIVE OPTICAL LAN, segura, confiable, de alta disponibilidad, inmune a interferencias electromagnéticas y con tecnología de punta para ofrecer la conectividad entre todos los puntos de la red LAN mediante el uso de OLT y ONU, las cuales deberán integrarse con dispositivos Ethernet; tales como los teléfonos IP y computadoras con la finalidad de estar todos en una misma infraestructura de red.

ii) Terminal De Línea - OLT

Es un equipo utilizado en redes FTTx del tipo ópticas pasivas, como concentrador de puntos de red. Opera conforme al estándar GPON (ITU-T G.984). El equipo deberá contar como mínimo con las siguientes características:

iii) Interfaz PON:

- Tendrá como mínimo 04 interfaces SFP GPON ITU-T G.984
- Longitud de onda downstream de 1490nm
- Longitud de onda upstream de 1310nm
- Forward Error Correction (FEC) en el upstream (US) y downstream (DS)
- Velocidad de upstream de 1,25 Gigabits/s
- Velocidad de downstream de 2,5 Gigabit/s
- Protección del tráfico downstream con encriptación AES con llave de 128 bits
- Soporte para la asignación de ancho de banda estática y dinámica (SBA / DBA)
- Alcance extendido hasta 20 km por interfaz GPON (hasta 32 ONUs por interfaz GPON)
- Soporte extendido hasta 60 km (máximo 20 km entre ventanas)
- 4096 port-IDs por los downstream y upstream
- 1024 alloc-IDs por lo upstream
- Hasta 128 ONUs por la interfaz GPON
- Redundancia "tipo B" interfaces GPON para servicios críticos

iv) Interfaz ethernet:

- Switch Ethernet hasta 8 slots para los módulos SFP eléctricos u ópticos
- Switch Ethernet de 02 slots para los módulos SFP+ eléctricos u ópticos

v) *Servicios de capa 2 y VLAN:*

- Ethernet bridging con arquitectura non-blocking para todos los tamaños de paquete
- Control de flujo (IEEE 802.3x)
- Tabla de direcciones MAC con 32K entradas
- VLAN tagging por puerto, por MAC o por protocolo ethernet (IEEE 802.1Q)
- VLAN Q-in-Q (IEEE 802.1ad)
- VLAN trunking y VLAN mapping
- RSTP – Rapid Spanning Tree Protocol (IEEE 802.1w)
- ERPS (Ethernet Ring Protection Switching) para protección de anillo con recuperación bajo 50ms
- DHCP Relay Agent Information Option (DHCP Relay Agent Option 82)
- PPPoE Intermediate Agent (PPPoE tag)
- LACP para la agregación dinámicos de puertos Ethernet
- Soporte de la transparencia de protocolos L2
- Soporte del jumbo frames
- IGMP Snooping v1/v2/v3
- IGMP Snooping with proxy reporting
- DHCP Snooping
- IPTV streams forwarding
- MAC Filtering
- Port mirroring

- Aislamiento del cliente, incluso aunque pertenezca a la misma VLAN (VLAN aislada)
- La conectividad entre clientes, incluso si pertenecen a la misma GPON puerto (port bridging)
- Flexible (ACL capa 2, 3 y 4) se pueden configurar por puerto o VLAN

vi) Calidad De Servicio - QoS

- Como mínimo 04 colas de prioridad por puerto físico
- Expansión tipo WRR o SP
- Control de ancho de banda en la entrada
- Control de ancho de banda en el puerto de salida
- Clasificación y marcado de tráfico
- Indicación del campo DSCP
- Indicación del campo COS
- Mapeo DSCP ® CoS por VLAN

vii) Gestión Y Seguridad

- Configuración a través de línea de comando (CLI)
- Obligatoria interface de configuración a través sistema de gestión (NMS) vía SNMP
- SNMP v2c, v3 y RFC1213
- Transporte SNMP a través de protocolo UDP o TCP
- Cliente NTP con soporte para los múltiples servidores
- Servidor de autenticación RADIUS y TACACS +
- Gestión in-band o out-of-band (interfaz física dedicada)

- Gestión remota a través de protocolo seguro SSH o Telnet
- Syslog local y remoto
- Actualización del firmware a través de FTP para soportar las dos imágenes para mayor seguridad
- El acceso a la interfaz de administración en banda a través de VLAN específica y configurable (VID y CoS)
- Soporte para exportación e importación de archivo de configuración
- Acceso SSH con mecanismo de llave DSA

Características mecánicas, eléctricas y ambientales mínimas solicitadas:

- Fuentes de Alimentación redundante con intercambio activo (tipo hot-swappable) entre fuentes AC, DC y la combinación de ambas.
- Debe contar con la opción de alimentación de CC con entrada de -48 VCC (+ 25%)
- Debe contar con la opción de fuente de CA con la entrada de gama completa (90 ~ 132VAC y 187 ~ 264VAC)
- Consumo máximo 90W (modelos con 8 puertos PON)
- Temperatura de funcionamiento: 0°C a 65°C
- Humedad relativa de hasta el 95% sin condensación
- Mecánica de 19 pulgadas y una altura de 1 RU, rackeable
- Aletas laterales como opción de fijación
- Dimensión máxima permitida: L x A x P: 485mm x 45mm x 245mm
- Peso: No mayor a: 3,7kg
- MTBF mayor de 200.000 (doscientos mil) horas

viii) Unidad De Red Óptica – ONU

Equipo utilizado en redes FTTx del tipo ópticas pasivas para brindar acceso a los usuarios, logrando integrarse con dispositivos Ethernet; tales como los teléfonos IP y computadoras con la finalidad de estar todos en una misma infraestructura de red.

La ONU deberá contar con un soporte metálico para fijación de los equipos ONU en las paredes o debajo de las estaciones de trabajo. El soporte debe ser fijado a través de tornillos. La ONU deberá contar como mínimo con las siguientes características:

Interfaz Óptica:

- Trabajando en GPON y el modo de Active Ethernet, con detección automática del modo de funcionamiento
- Redundancia de puerto óptica: backup tipo B (GPON) o Active Ethernet
- Longitud de onda de 1490nm (Downstream) y 1310nm (Upstream)
- Potencia de Transmisión: 0.5 à +5 dbm
- Sensibilidad de recepción: -8 dbm à -28dbm
- Entrada para conexión con conector SC/APC
- Alcance hasta 20 km

Interfaz ethernet:

- Como mínimo 02 puertos 10/100/1000 Base T (RJ45)
- Interfaces de acuerdo con IEEE 802.3/802.3u/802.3ab
- Soporte a IEEE 802.3az (Energy-Efficient Ethernet)
- Auto Negociación y auto MDI/MDI-X

- Control de flujo half-duplex (back pressure) y full-duplex según IEEE 802.3x (PAUSE frames)

Soportar GPON con las características mínimas:

- GPON de acuerdo con la norma ITU-T G.984
- Velocidad de datos de 2.488 Gbps Downlink/1.244 Gbps Uplink
- Forward Error Correction (FEC) en Upstream (US) y Downstream (DS)
- Soporte para la asignación de ancho de banda estática y dinámica (SBA / DBA)
- Protección encriptada en AES de 128 bits en el canal de downstream
- Hasta 256 GEM ports (GPON Encapsulation Method) para cada ONU
- Activación de la ONU a través de Serial Number (SN) o contraseña de acuerdo con la recomendación ITU-T
- Soporte de hasta 7 T-CONTs (Transmission Containers) simultáneo.
- Mapeo flexible entre GEM Ports y T-CONT
- GEM Port separado para multicast
- Traffic Management (priority Queue e Traffic Shapping)
- Dying Gasp

Soportar active ethernet (EDD):

- Active Ethernet de acuerdo con las velocidades 1000BASE-BX10
- Velocidad de datos de 1Gbit/s de upstream y downstream
- Soporte para Transparent Lan Services (TLS).

Soportar modos de trabajo en mismo equipo ONU:

- La ONU deberá trabajar en modo Enrutador
- La ONU deberá trabajar en modo Bridge
- La ONU deberá trabajar en modo Híbrido (Enrutador y Bridge simultáneamente).

Trabajo bridge:

- Switch Ethernet integrado con Puertos GbE
- MAC table hasta 1024 entradas
- Aislamiento de los puertos LAN basadas en VLANs
- Autenticación 802.1X en puertas ethernet
- Port Security
- DHCP Snooping.

Modo de trabajo enrutador:

- Enrutamiento estático IPv4 e IPv6
- RIPv1 (RFC1058), RIPv2 (RFC2453), RIPng (RFC2080)
- OSPF (RFC2328) y OSPFv3 (RFC5340)
- Autenticación dinámica de rutas MD5 (RFC 1321)
- Ruta flotante por el peso o por el object track
- Conexión con Internet: DHCP client, IP estático ou PPPoE
- NAT/NAPT

- DHCP Server (RFC2131, RFC2132), Relay (RFC1542) e Client (IPv4 e IPv6)
- Statuful Firewall
- DNS Relay y Proxy
- NTP (RFC1305) con autenticación de los pares
- PPPoE client (RFC2516)
- Marcado de tráfico y calidad de servicio upstream de acuerdo con puerto de entrada
- Marcado de calidad de servicio dedicado para el tráfico de voz
- Tráfico hasta 1Gbps con tamaño de paquete 64bytes.

Soportar manejo de paquetes a través de VLAN

- Soporte para IEEE 802.1d y 802.1q hasta 32 VID's distintos
- Procesamiento por el VLAN ID 802.1q por el puerto (Port-based VLAN)
- VLAN tagging/untagging
- VLAN Stacking (QinQ)
- QoS e Traffic Shapping basado en VLAN
- Mapeo del SSID (Wi-Fi) para VLAN
- Mapeo individual entre las VLANs y puertos LAN, con tratamiento de TAG de VLAN
- Tratamiento de tabla MAC hasta 1024 entradas
- Soporte a QinQ
- Soporte a IGMP Snopping
- VLAN modo Access o Trunking

- Botón físico para re inicialización del equipo para configuración de fábrica original
- Soporte a GEM port multicast específico

Seguridad:

- Firewall tipo SPI (Stateful Packet Inspection)
- Encriptación AES 128 bits para el tráfico GPON.
- Login con diferentes niveles de permiso
- Autenticación a través de AAA: TACACS (RFC1492), TACACS+, RADIUS (RFC2138, RFC2139).

Calidad de servicio – QoS:

- Priorización de tráfico por Puerto, VLAN, VLAN + CoS (802.1p) ou apenas CoS;
- Hasta 7 diferentes servicios provisionados en cada ONU
- Cada servicio aprovisionado puede ser dividido hasta 8 flujos
- Priorización entre flujos que se puede basar en WRR (Weighted Round Robin) o Rate Control
- Limitación de ancho de banda en downstream (Rate Limit) y upstram (Traffic Shaping)

Configuración, aprovisionamiento y monitoreo

- Aprovisionamiento de las Puertos GPON vía OMCI
- Configuración vía NMS, CLI y WEB (local)

- Monitoreo remoto a través de SNMPv2 y SNMPv3
- Actualización del firmware remoto (OMCI y FTP) o local (FTP)
- Syslog (RFC 3164) para registrar eventos, mensajes de error y notificación
- Indicadores LED de estado y la actividad
- IP Host, IP del mantenimiento y Loopback
- Botón de reinicio para volver a la configuración de fábrica.

Características mecánicas, eléctricas y ambientales:

- Fuente de alimentación externa
- Entrada: 93 a 253VAC (Full Range)
- Salida: 12V
- La dimensión no debe ser mayor a: 182 x 35 x 129
- Peso: no mayor a 400g
- Temperatura de trabajo: 0°C a 50°C
- MTBF: mayor que el 100.000 (cien mil) horas
- Humedad: Hasta 95% no condensado

E) SISTEMA DE GESTIÓN INTELIGENTE PARA OLT Y ONU (OBLIGATORIO)

En esta partida implica el suministro de Software de Gestión de toda la red activa y pasiva de los equipos GPON, siendo compuesta por una única licencia de software que permitirá al administrador de la red monitorear infinita cantidad de equipos OLT, ONU, Splitters y DIO que necesite. El software deberá contar con licencias perpetuas, sin limitación de adicionar equipos y/o puntos gestionados.

i) ***Sistema de gestión deberá soportar como características mínimas para el software:***

- El Software de Gestión deberá ser del mismo fabricante de la solución
- Integración con base de datos como Oracle y MySQL
- Conexión con servidor de gestión in-band vía TELNET, SSH
- Conexión con servidor de gestión out-band vía puerto de Gestión con cable de consola, también TELNET y SSH
- Instalación de licencia única para toda solución, sin límites de equipos o puntos gestionados.
- Adicionar Mapas de equipos activos y pasivos
- Remover Mapas de equipos activos y pasivos vía interfaz in-band o out-band
- Hacer cambios para todos mapas a través das interfaces in-band y out-band
- Base de datos de MIBs SNMP
- Adicionar, remover MIBs adicionales
- Crear cuentas de usuarios para acceso de la plataforma de gestión con distintos niveles de actuación
- Las cuentas deberán ser agrupadas por tipo de manejo y actuación como grupos de Gestión de alarmas, administrador, Solo visualización, y otros.
- Cada grupo podrá tener múltiples usuarios.
- Conectividad simultánea con hasta 50 usuarios
- Crear usuarios temporarios con un tiempo de expiración de la clave y nombre del usuario
- Soportar alteración de puerta de recibimiento de alarmas (TRAPs), aceptando cualquier puerta como estándar. La plataforma empieza con UDP 192

- Soportar alteración de puerta de acceso SSH, aceptando cualquier puerta como estándar. La plataforma empieza con 22
- Generar alarmas con las identificaciones de fecha, severidad y marcada por colores como “critical”, “warning” o “info”
- Hacer filtros para reportes y listados de informaciones que necesite, por tipo de alarma, severidad o fecha
- Soportar visualización de panel frontal de las OLTs
- Visualización de todo el estado de los puertos del OLT, marcados con colores distintos para Alarmas, estado de configuración o backup
- Consulta al estado de consumo de CPU del OLT
- Consulta al estado de consumo de memoria FLASH del OLT
- Consulta de los datos analíticos de las interfaces Uplink y Downlink
- Soportar configuración de velocidad de conexión de 10/100Mbps al menos para una interfaz, siendo: 10HalfDuplex, 10fullDuplex, 100HalfDuplex, 100fullDuplex.
- Soportar configuración de velocidad de conexión de 1000Mbps al menos para una interfaz, siendo: 1000HalfDuplex, 1000fullDuplex
- Presentar las informaciones estadísticas en tiempo real para todas las interfaces con campos analíticos como: OCTETS IN/OUT, PAQUETES IN/OUT, COLLISIONS, INDROP, OUTDROP, INERROR, OUTERROR.
- Activación de la función PORT BRIDGING en todas las interfaces Gigabit ETH
- Activación de puertos GPON en el sistema de gestión con las siguientes posibilidades: “Proxy Routing Mode” con protocolo IGMP, “Authentication Mode” con Serial Number da ONT solamente, Serial Number y Password, o sin autenticación

- Configuración por sistema de gestión del modo de encriptación del equipo OLT con ONT, siendo AES128
- Configuración de tiempo de expiración de la clave de encriptación, es posible que la clave se cambie a cada 30segundos hasta 26.000 segundos, como default es utilizado 3600 segundos
- Soportar descubiertas de nuevos ONUs con la funcionalidad de “Polling ONU” con tiempo de analice variable y configurable desde 1segundo hasta 3600 segundos
- Soporte a cambio de GEM-PORT ID para broadcast
- Soporte a actualización de paquetes MAC address
- Soportar cambio de fabricante de SFP en el Sistema de Gestión
- Soportar a activación de FEC a través de web
- Soportar configuración de VLAN QinQ o Dot1Q a través de sistema de Gestión
- Soportar toda configuración de las ONTs en modo bridge y router
- Soportar configuración de ONT con función de ATA VoIP para teléfono analógico.

ii) Distribuidor Interno Óptico

- Equipo que sirve para acomodar los divisores ópticos y brindar maniobrabilidad a los cables de fibra óptica que llegan al gabinete.
- Dimensiones: 1 RU
- Estándar 19”
- Debe ser construido con materiales metálicos
- Debe tener placa interna metálico que soporta la conexión de hasta 32 alineadores ópticas

- Debe soportar 32 salidas ópticas con conectorización SC / APC
- Tener flexibilidad en cuanto a la sustitución del soporte del adaptador óptico (ST, SC, LC Duplex, FC y MT-RJ)
- Debe ser compatible con los adaptadores ópticos de la OLT;
- Tener cajón corredizo para un fácil mantenimiento / instalación y facilitar el trabajo posterior sin sacarlos del rack;
- Debe tener una identificación en la parte frontal;

iii) Distribuidor Interno Óptico De Pared

- Equipo que sirve para acomodar los divisores ópticos de segundo nivel y brindar maniobrabilidad a los cables de fibra óptica que llegan al gabinete.
- Dimensiones máximas: altura 39cm x 29cm ancho x 9cm profundidad
- Debe ser construido con materiales metálicos
- Debe tener marcación interna para fijación de divisor óptico
- Debe tener placa interna metálica que soporte fijación de hasta 34 alineadores ópticos, permitiendo así el uso de divisor con 2 entradas y 32 salidas ópticas conectorización SC / APC.

iv) Adaptador SC/APC

- Pérdida de Inserción: $\leq 0.2\text{dB}$;
- SC/APC - SC/APC.

v) Conector Óptico Mecánico

- Conector rápido permite la conexión de fibras ópticas en el campo sin la necesidad de fusión. Son más rápidos y prácticos, aseguran la alineación de las fibras y proporcionan la resistencia mecánica necesaria.
- Pérdida de Inserción: $\leq 0.5\text{dB}$;
- SC/APC.

vi) *Roseta Óptica*

- Utilizado como punto de terminación de una red óptica de cableado interno.
- Características mínimas:
- 2 posiciones para empalmes ópticos por fusión o mecánicos
- 2 posiciones para adaptador óptico SC simplex o LC dúplex.
- Tener cubierta superior extraíble.

vii) *Divisor Óptico Modular*

El divisor óptico modular (Splitter modular) es un equipo pasivo que divide la señal de un cable de fibra óptica en varios cables. Las características serán las siguientes:

Modelo 1;

- Tener 1 entradas y 2 salidas
- Utilizar tecnología PLC
- Tener conectorización SC/APC en la entrada y salida
- Tener caja plástica de protección central
- Banda óptica pasante: 1260 ~ 1650 nm
- Pérdida de inserción máxima (sin tener en cuenta los conectores): 3.7 dB
- Uniformidad: 0,5 dB

- Sensibilidad a la polarización máxima (PDL): 0.2 dB
- Directividad: >55 dB
- Pérdida de retorno: >55 dB
- Temperatura de operación: -40°C ~ 85°C

Modelo 2;

- Tener 1 entradas y 16 salidas
- Utilizar tecnología PLC
- Tener conectorización SC/APC en la entrada y salida
- Tener caja plástica de protección central
- Banda óptica pasante: 1260 ~ 1650 nm
- Pérdida de inserción máxima (sin tener en cuenta los conectores): 13,7 dB
- Uniformidad: 1,3 dB
- Sensibilidad a la polarización máxima (PDL): 0.3 dB
- Directividad: >55 dB
- Pérdida de retorno: >55 dB
- Temperatura de operación: -25°C ~ 70°C

viii) *Cordón Óptico SC APC / SC UPC*

- Cable óptico compuesto por una fibra óptica monomodo con revestimiento primario en acrilato y secundario en PVC.
- El cable óptico debe ser conectorizado en ambos extremos en estándar SC, con un extremo con el pulido APC y el otro con UPC pulimento.

ix) *Cordón Óptico SC APC / SC APC*

- Cable óptico compuesto por una fibra óptica monomodo con revestimiento primario en acrilato y secundario en PVC.
- El cable óptico debe ser conectorizado en ambos extremos en estándar SC y pulimento APC.

x) Cable Óptico DROP

- Cable de fibra óptica de baja fricción recomendada para el acceso al cliente final en redes FTTH. Su construcción "PLANA" del tipo G.657.A permite una curva más cerrada, lo que da al producto facilidad para instalar y confiabilidad de la red.
- Se compone de un núcleo de cable de fibra óptica monomodo protegido por dos elementos de tracción. Debe permitir la conectorización mecánica, sin fusión, con los conectores del tipo fast conector.
- Número de hilos: 1
- Tipo de fibra: G.657
- Modelo de fibra óptica: SM (monomodo)

xi) Garantías

- El fabricante o representante local deberá emitir una carta a la entidad por defectos de fabricación de equipos por un tiempo no menor a 03 años.
- La garantía por el desempeño y performance de la solución por defectos de fabricación será de 25 años, previa Declaración Jurada y documento emitido por el fabricante o representante local.

- El personal que realice la instalación deberá estar capacitado y certificado por la marca, de tal forma que se garantice la garantía. Para ello el postor deberá presentar el certificado emitido por el fabricante en redes Passive Optical Lan POL.

La garantía deberá contemplar el cambio de componentes incluyendo el servicio ante el incumplimiento por falla de origen de fabricación de los componentes, por falla de los parámetros de performances solicitados y por falla de las aplicaciones garantizadas. Estos cambios se realizarán a solicitud de LA ENTIDAD y con la comprobación del postor o representante local o fabricante del producto.

El fabricante deberá contar con un distribuidor legalmente constituido en el Perú y una persona de soporte para el trámite de garantías.

F) PERSONAL PARA EL PROYECTO

JEFE DE PROYECTO

i) Formación General

- Ingeniero de Telecomunicaciones o Ingeniero de Sistemas ó Electrónico titulado.
- El profesional deberá contar con certificaciones emitidas por fabricantes reconocidos en:
 - Cableado estructurado.
 - Networking.
 - VideoVigilancia-CCTV.
 - Passive Optical Lan POL
 - DCAA de Asterisk

ii) Experiencia Laboral

- Mínimo 02 años de Experiencia Profesional contabilizado desde su colegiatura.
- Mínimo 04 años de experiencia en el Diseño, Elaboración, Implementación y/o Supervisión de Proyectos de Infraestructura de Telecomunicaciones.

PERSONAL TÉCNICO.

Un (01) Consultores a Cargo de la Implementación

i) Formación General

Debe ser Ingeniero Electrónico ó de Telecomunicaciones Titulado y Colegiado con Certificación CCNA (vigente) con experiencia mínima de tres (02) años en gestión de proyectos en TI, deberá contar certificación Digium-Certified Asterisk Administrator (dCAA) y certificación en Passive Optical Lan (POL) del fabricante propuesto.

ii) Experiencia Laboral

- Mínimo 02 años de experiencia en Implementación de Proyectos de Infraestructura de Telecomunicaciones, cableado Estructurado.

G) CAPACITACION

El postor deberá realizar una capacitación mínima de 4 horas, en la configuración, administración y monitoreo del sistema Passive Optical Lan (POL), la misma que será dictada en las oficinas de la entidad o del postor, previa coordinación de fecha y hora.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

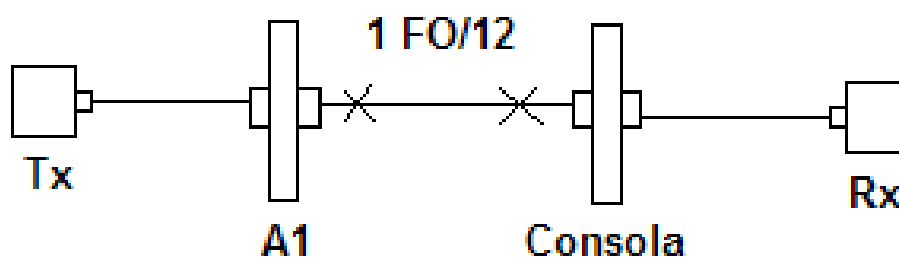
4.1. CÁLCULOS CON LA FIBRA ÓPTICA

Para el cálculo, se consideran las pérdidas producidas por la longitud de fibra, los conectores y los empalmes usados en los diferentes enlaces, se considera además un margen de pérdida.

La longitud de onda con la que se trabaja es de 1310 nm, el fabricante especifica que trabajando en esta ventana óptica tenemos una pérdida por Km de distancia de 0,4 db, la pérdida por conectores es de 0,5 db y por empalme es de 0,1 db.

Cálculo de pérdida para el enlace L1:

FIGURA 4.21 Enlace L1



Elaboración Propia

En el enlace L1 se tiene 2 conectores y 2 empalmes, los conectores del Tx y Rx, no son tomados en cuenta para el cálculo de las pérdidas.

Pérdidas por longitud de fibra

0,138 Km a 0,4 db/Km de pérdida en la fibra 0,25 db

Pérdida por conectores

2 conectores a 0,5 db de pérdida por conector 1 db

Pérdida por empalmes

2 empalmes a 0,1 db de pérdida por empalme 0,2 db

Margen óptico

Otras pérdidas que pueden presentarse en el enlace 2 db

Pérdida total del enlace = Pérdida por distancia + pérdida por conectores + pérdida por empalmes + margen óptico.

Pérdida total del enlace = 0,25 db + 1 db + 0,2 db + 2 db

Pérdida total del enlace = 3,45 db

Utilizando una fibra 50/125 um para un enlace de 138 metros se tiene una pérdida de **3,45 db**.

4.2.CÁLCULOS DE VELOCIDAD DE TRANSMISIÓN, ANCHO DE BANDA ELÉCTRICO Y ÓPTICO

Para este cálculo se considera el tipo de fibra usada, en nuestro proyecto se está usando fibra CORNING InfiniCor SXi+fiber, esta es una fibra multimodo 50/125 um y se trabaja a una longitud de onda de 1310 nm. El equipo óptico que se utiliza es del fabricante FIBERLING, el transmisor usa como emisor de luz un diodo led de 1310 nm, el linewidth del pulso es de 120 nm, el coeficiente de concatenación usado para distancias menores a 1 Km es de 0,8.

A continuación, realizamos el cálculo del coeficiente de dispersión, utilizando los siguientes datos:

L (longitud del enlace L1): 0,138 Km

$\Delta\lambda$ (linewidth del pulso del diodo led): 120 nm

λ (longitud de onda de trabajo del sistema): 1310 nm

b_1 (ancho de banda por longitud de fibra): 500 MHz x Km

γ (coeficiente de concatenación): 0,8

S_0 (slope dispersión cero): 0,101 ps²/(nm².km)

λ_0 (longitud de onda dispersión es cero): 1300 nm $\leq \lambda_0 \leq$ 1320 nm

$$D(\lambda) = \frac{S_0}{4} \left[\lambda - \frac{\lambda_0^4}{\lambda^3} \right] \quad (3.1)$$

$$D(1310) = \frac{0,101}{4} \left[1310 - \frac{1310^4}{1310^3} \right]$$

$$D(1310) = 0$$

Calculamos la dispersión modal:

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ modal} = \frac{441}{b_1 \times L^{-\gamma}}$$

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ modal} = \frac{441}{500 \times 0,138^{-0,8}}$$

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ modal} = 0,18 \text{ ns}$$

Para el cálculo de la dispersión cromática debemos considerar que la longitud de onda en la que estamos trabajando (1310 nm) es cercana o igual a la longitud de onda donde la dispersión es cero, por lo tanto:

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ cromática} = \Delta\lambda \cdot L \sqrt{D(\lambda)^2 + S_0^2 \frac{(\Delta\lambda)^2}{8}} \quad (3.2)$$

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ cromática} = 120 \times 0,138 \sqrt{0 + 0,101^2 \frac{120^2}{8}}$$

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ cromática} = 0,071 \text{ ns}$$

La dispersión total de la fibra será:

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ total} = \sqrt{(\Delta\tau_{1/2} \text{ modal})^2 + (\Delta\tau_{1/2} \text{ cromática})^2} \quad (3.3)$$

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ total} = \sqrt{0,18^2 + 0,071^2}$$

$$\Delta\tau_{1/2} \text{ total} = 0,19 \text{ ns}$$

Asumimos pulso Gaussiano:

$$\sigma = 0,425 \Delta\tau_{1/2}$$

$$\sigma = 0,425 \times 0,69 \text{ ns}$$

$$\sigma = 0,293 \text{ ns}$$

Calculamos el bit rate:

$$B \approx \frac{0,25}{\sigma}$$

$$B \approx \frac{0,25}{0,293}$$

$$B \approx 847 \text{ Mbps}$$

Ancho de banda óptico:

$$f_{op} \approx 0,75 \times B$$

$$f_{op} \approx 635,25 \text{ MHz}$$

Ancho de banda eléctrico:

$$f_{elect} \approx 0,71 \times f_{op}$$

$$f_{elect} \approx 451,03MHz$$

Cuando trabajamos con longitudes de onda no cercanas a λ_0 , la dispersión cromática será:

$$\Delta\tau_{1/2} cromática = \Delta\lambda \cdot L |D(\lambda)|$$

4.3. PÉRDIDAS DE POTENCIA

El alcance de un equipo se denota por la mayor atenuación que puede soportar sin perder su señal o servicio, la atenuación máxima está relacionada a la potencia máxima por la OLT menos la potencia que es capaz de percibir la ONT. El estándar GPON tiene diferentes tipos de láseres que son medidos en dBm.

Mayormente en la OLT se trabaja con láser +B que es +1, igualmente con la ONT donde la sensibilidad es -27 (indicar referencia) es por eso que para asegurar que funcione el servicio debe tener como **atenuación máxima 28 dB**.

4.4. ATENUACIÓN DEL SISTEMA

Para los cálculos de atenuación y selección de la fibra óptica se consideró las condiciones del escenario elegido para el diseño de la red y la obra civil existente en el lugar. La instalación del cable de fibra se realizará mediante canaletas para fibra óptica CFO-120.

Se ha elegido trabajar con una fibra multimodo de tipo OM2 que cumple con el estándar TIA/EIA 492AAAB-A, el fabricante garantiza que se puede obtener enlaces de 1Gbps hasta una distancia de 550 metros, trabajando con una fibra 50/125 um a una longitud de onda de 1310 nm. Los cálculos de fibra óptica se han realizado usando fibra InfiniCor SXi+fiber de tipo OM2, esta es una fibra del fabricante CORNING.

Tabla 4.1 Características de FIBRA OPTICA MULTIMODO 50/125 OM2. G651.

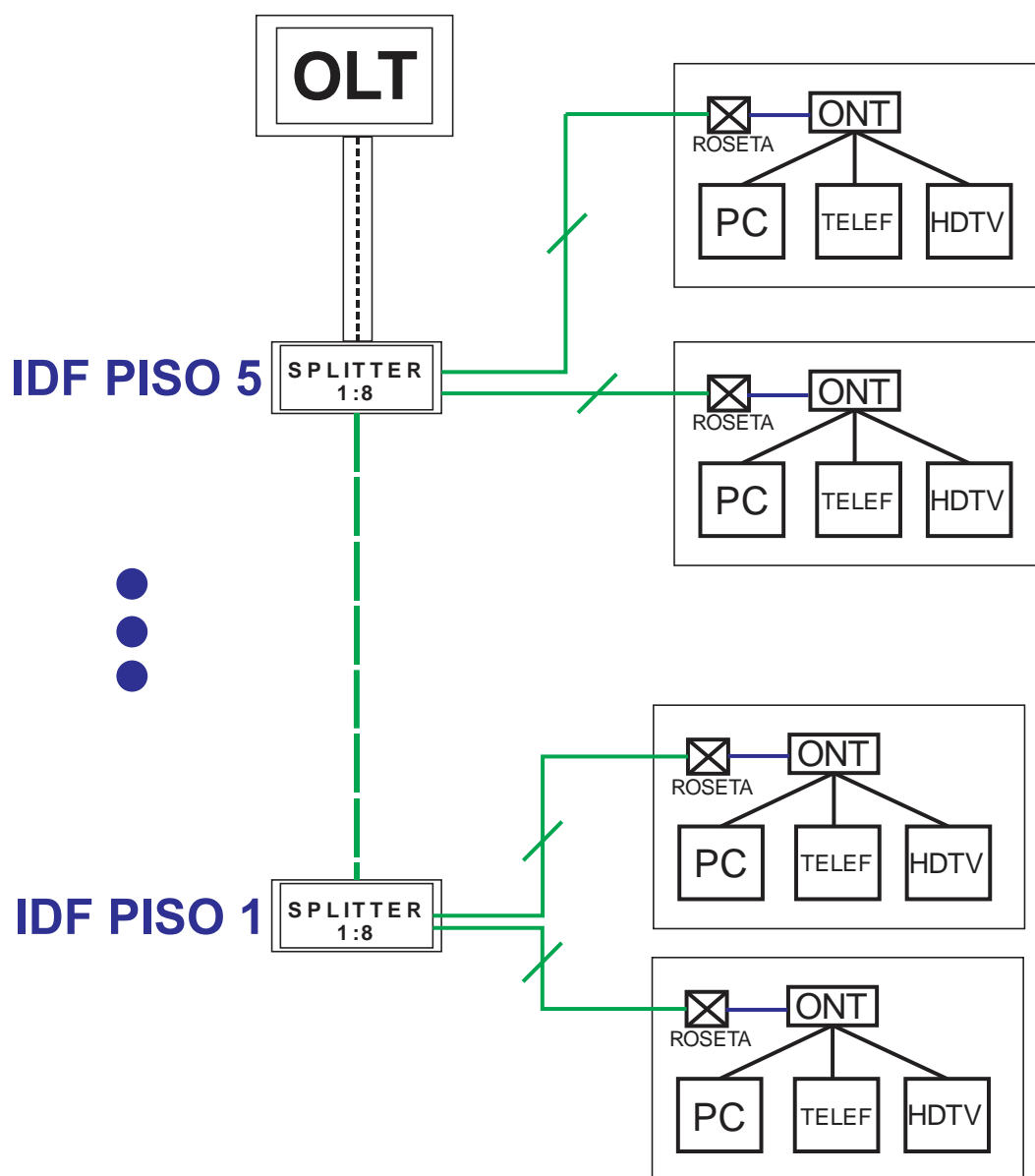
PARAMETRO		VALOR	UNIDAD	MÉTODO DE ENSAYO
Tip./Max. Individual a 850 nm	Atenuación fibra	2,5/2,6	dB/km	UNE-EN 188000-303
Tip. /Max. Individual a 1300 nm	Atenuación fibra	0,6/0,7	dB/km	IEC 60793-1-40
Ancho de banda OFL a 850 nm		≥500	MHz.km	TIA / EIA –
Ancho de banda OFL a 1300 nm		≥500	MHz.km	455-204 (FOTP-204)

FUENTE: UIT-T G.654 PARÁMETROS GPON

Para los extremos del enlace se usarán conectores SC que son los empleados generalmente para transmisión de datos, los cuales tienen una atenuación de 0,4dB cada uno. Cabe señalar que para cada extremo del enlace se cuenta con un cable Patchcord a la salida del IDF, el cual servirá para la conexión de los equipos activos del sistema, por lo tanto, el enlace tiene un total de 6 conectores.

Los empalmes por fusión tienen una atenuación que se encuentra en el rango de 0,01 a 0,2 dB. Cuando este es el caso, se debe incluir elementos de encapsulado, los cuales protegen a los empalmes de agentes externos y contaminación.

FIGURA 4.22 Componentes de la red



Elaboración Propia

Para realizar los cálculos de atenuación para la longitud de onda de 1300 nm, se consideran las siguientes tablas de atenuaciones máximas y mínimas permisibles considerando la siguiente formula:

$$At = (As * Ns) + (Al * L) + (Ae * Ne) + (Ac * Nc) \quad (3.4)$$

At = Atenuación total

As = Atenuación por splitter

Al = Coeficiente de atenuación

L = Longitud total de la fibra optica

A_e = Atenuación por empalme

N_e = Numero de empalmes

A_c = Atenuación de conector

N_c = Numero de conectores

P_t = Potencia del transmisor

P_r = Potencia del receptor

M_s = Margen de seguridad del cable

M_i = Margen de interfaz optico

Tabla 4.2 Rango de Atenuaciones ONT y OLT

Parámetro interfaz GPON B+	ONT	OLT
Mean launched power MIN	0.5 dBm	1.5 dBm
Mean launched power MAX	5 dBm	5 dBm
Minimum sensitivity	-27 dBm	-28 dBm
Minimum overload	-8 dBm	-8 dBm
Downstream optical penalty	0.5 dBm	0.5 dBm

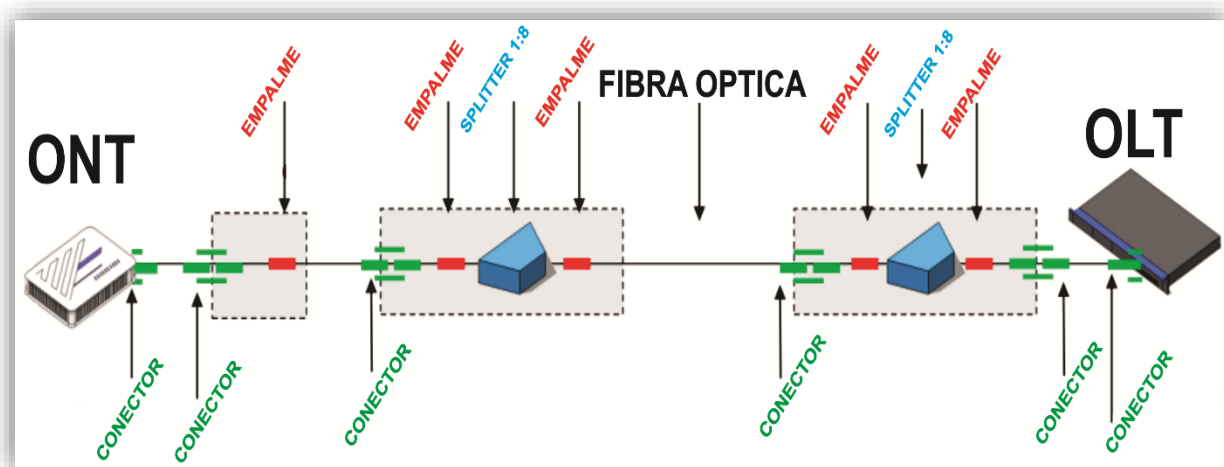
FUENTE: TELNET, 2012

Tabla 4.3 Rango de Atenuaciones Divisor óptico

División óptica	Atenuación
1:2	-3.01 dB
1:4	-6.02 dB
1:8	-9.03 dB
1:16	-12.04 dB
1:32	-15.04 dB
1:64	-18.07 dB
1:128	-21.08 dB

FUENTE: TELNET, 2012

FIGURA 4.23 Número de componentes de la red



FUENTE: TELNET, 2012

Tabla 4.4 Valor de parámetros

PARÁMETRO	VALOR
A_s	-9.03 dB
N_s	2 (Considerando la ruta más larga del 5to al 1er piso)
A_l	-0.6 dB/Km
L	0.38 Km (considerando cable de reserva y curvaturas internas)
A_e	0.2 Db
N_e	5
A_c	0.4 dB
N_c	6 unidades
M_s	2 dB
P_t	-5dB
P_r	-27dB

FUENTE: Elaboración Propia

Reemplazando en la formula se obtiene:

$$A_t = (9.02 * 2) + (0.6 * 0.38) + (0.2 * 5) + (0.4 * 6)$$

$$A_t = 21.668 \text{ dB}$$

Los resultados obtenidos muestran que la atenuación del enlace se encontrará dentro de los límites máximos y mínimos permisibles del sistema; con lo cual se consigue que la potencia óptica recibida en el receptor no sea demasiado potente como para saturarlo, ni demasiado pequeña como para evitar que la señal original sea recuperada.

Se procede a calcular la distancia máxima a la que se puede tener el enlace sin necesidad de regeneración.

$$D_{max} = \frac{P_t - P_r - N_c * A_c - N_e * A_e - M_s}{A_l}$$

$$D_{max} = \frac{-5dBm - (-27dBm) - 6 * 0,4dB - 5 * 0,2dB - 2dB}{0,6dB/Km}$$

$$D_{max} = 27,6 Km$$

Procedemos a calcular el valor de ancho de banda mínimo.

$$AB_{min} = \frac{0,5}{D * W_c * \Delta\alpha}$$

Donde:

D = Distancia máxima permitida

W_c = coeficiente de dispersión cromática de la fibra óptica

$\Delta\alpha$ = Ancho espectral del láser.

Para la fibra óptica en el rango de los 1300 nm, el coeficiente de dispersión cromática posee los valores de 4 o 5 ps/nm.Km. de acuerdo a la norma G652, el máximo valor de dispersión cromática es 5,3ps/nm.Km.

De acuerdo a la recomendación UIT-T G959.1, se sugiere la utilización de fuentes de laser con anchos espectrales mínimos de 0,1 nm que logren aumentar considerablemente el ancho de banda del enlace; pero debido a la distancia del tramo y a las características requeridas es suficiente la utilización de fuentes de laser estándar cuyo ancho espectral varía entre 1 y 5nm.

$$AB_{min} = \frac{0,5}{22,6Km * \frac{5,3ps}{nm} * Km * 5nm}$$

$$AB_{min} = 834.86 Mhz$$

4.5. CUADRO COMPARATIVO DE RESULTADOS OBTENIDOS

Las ventajas obtenidas del diseño realizado sobre la tecnología actual (ADSL) del edificio administrativo de la UNAJ, se detallan en el siguiente cuadro:

Tabla 4.5 Cuadro comparativo

CARACTERISTICAS	TECNOLOGIA ACTUAL (ADSL)	TECNOLOGIA A IMPLEMENTAR (GPON)
ALCANCE MAXIMO	100 METROS	HASTA 1KM
TASA DE TRANSFERENCIA	2 Mb MAX	HASTA \cong 1Gb
COMPUTADORAS CONECTADAS	43 PCS YA SATURADA LA LINEA	MAS DE 512 PCS
COSTO DE INSTALACION	MEDIA	ALTA
TIPO DE FLUJO	ASIMETRICO	SIMETRICO
INMUNE AL RUIDO	NO	SI
ESCALABLE	NO	SI

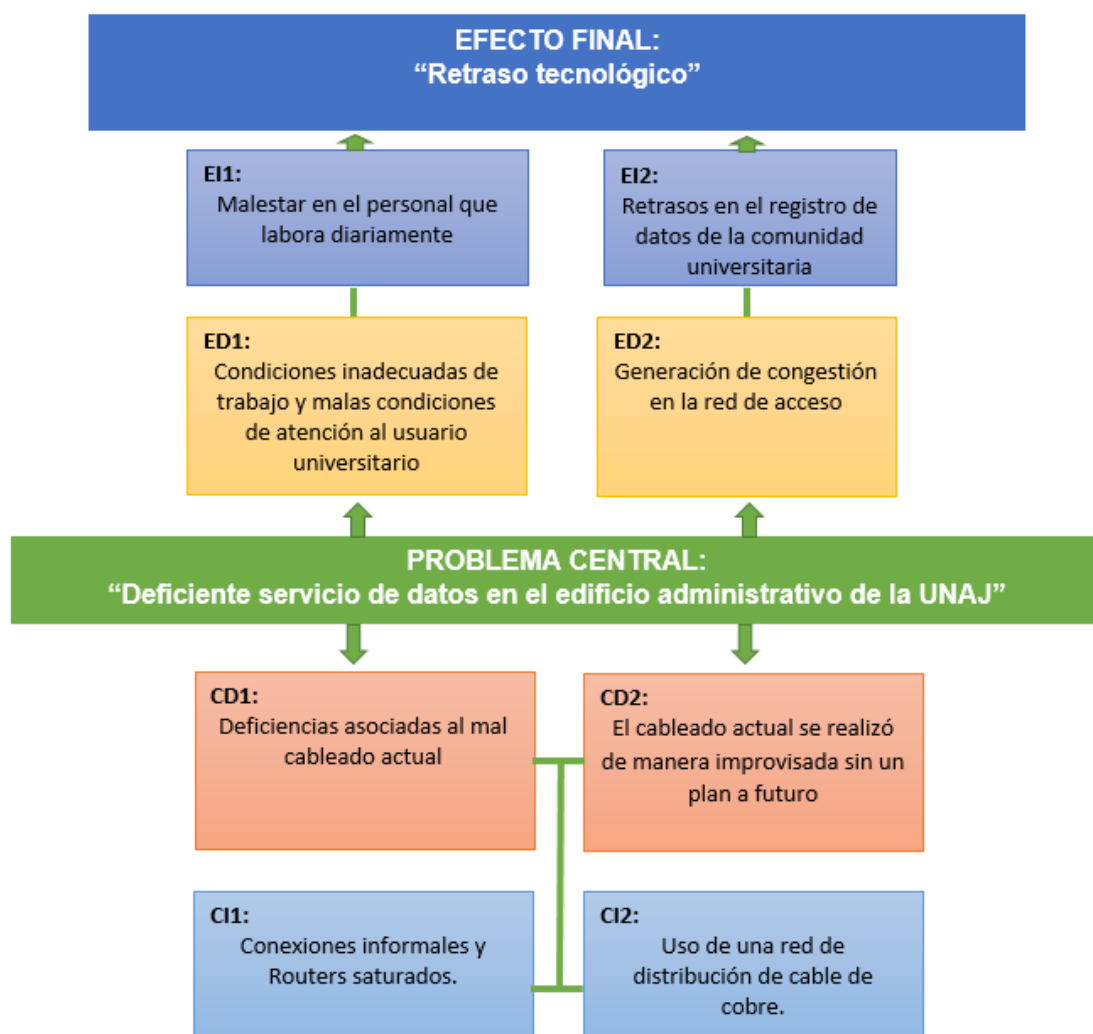
FUENTE: Elaboración Propia

4.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DEL PROYECTO

4.6.1. ÁRBOL DE CAUSAS Y EFECTOS.

A continuación, se muestra el árbol de causa – efecto

FIGURA 4.24 ARBOL DE PROBLEMAS: Causa y Efecto



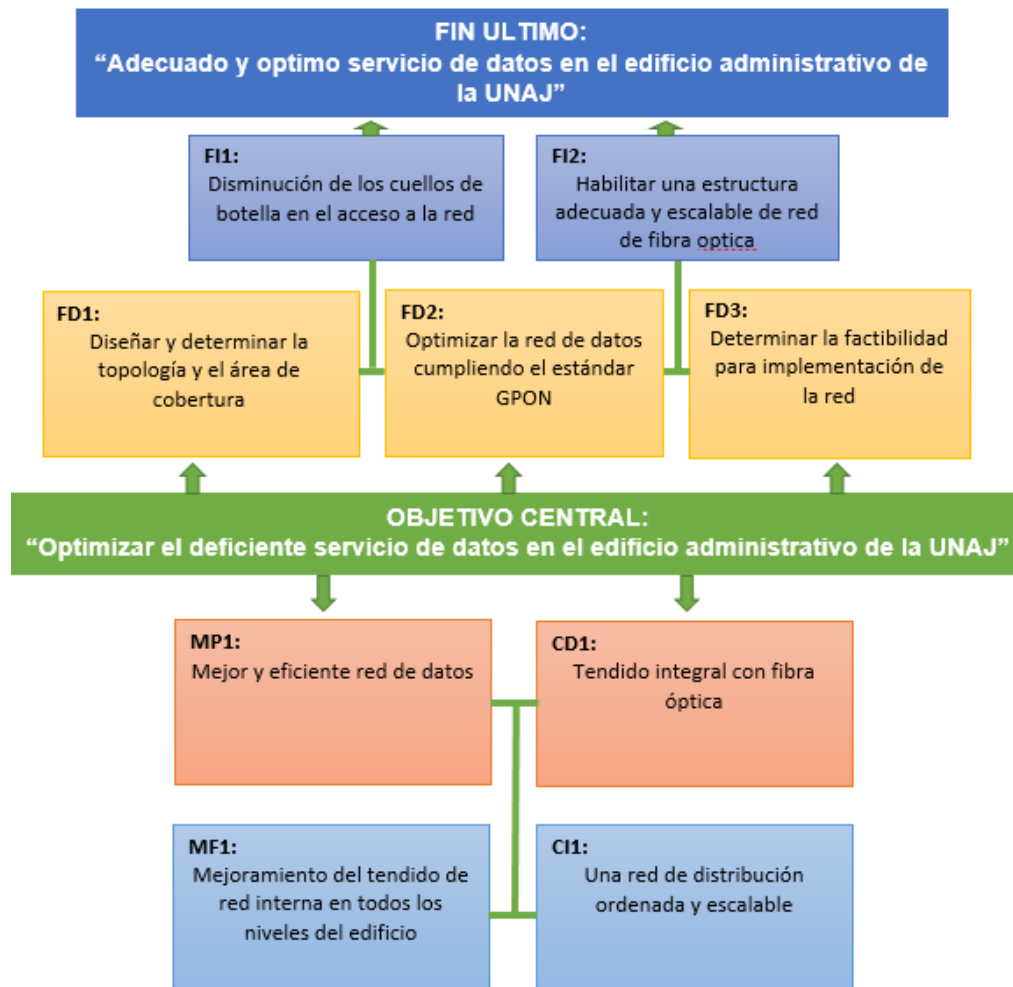
FUENTE: Elaboración Propia

En la Figura N° 22 se muestra un diagrama con el nombre de *Árbol de problemas: causas y efectos*, que plantea la situación actual de una necesidad insatisfecha. A esta necesidad se le describe bajo el nombre de *problema central*, de la cual se derivan tanto sus causas, directas e indirectas, como sus efectos, directos e indirectos; con el fin de mostrar un esquema general del problema a solucionar.

4.6.2. ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES.

La figura que se observa a continuación (Figura N° 23) muestra de manera simplificada los medios y fines que se desprenden del objetivo central través de los cuales se busca alcanzar el objetivo central de la tesis propuesta.

FIGURA 4.25 ARBOL DE OBJETIVOS: Medios y fines.



FUENTE: Elaboración Propia

4.6.3. HORIZONTE DE PLANEAMIENTO.

El horizonte de planeamiento del proyecto es de diez años, el mismo que se divide en dos fases: a) fase de Inversión y b) fase de operación y mantenimiento.

a) **Fase de Inversión.** Durante esta fase se desarrollarán las inversiones del proyecto, se ha calculado que para generar las capacidades que permitirán

mejorar la prestación de servicios y lograr el objetivo se empleará dieciocho meses.

- b) Fase de operación y mantenimiento.** Para esta fase se ha propuesto un periodo de 9 años.

Para diseñar el periodo de operación y mantenimiento se consideró los siguientes criterios:

- Periodo en que el proyecto logra el objetivo central.
- La vida útil del proyecto.

4.6.4. ETAPAS DEL PROYECTO.

Las etapas del proyecto se determinaron teniendo en cuenta las condiciones externas (que no dependen del proyecto) e internas (del mismo proyecto). El siguiente cuadro nos muestra las actividades y sus periodos de duración.

Tabla 4.6 Etapas del proyecto

Fase	Etapa – componente	Actividades	Duración
Pre Inversión	Elaboración del perfil de proyecto		02 meses
	<i>I.- Elaboración de estudios definitivos</i>		02 meses
Inversión	Elaboración del expediente técnico		
	<i>II.- Ejecución del proyecto</i>		
	Componente I: Mejor y eficiente red de datos	Diseño y optimización de la actual red con fibra óptica cumpliendo el estándar GPON	05 meses
Post Inversión	Componente II: Una red de distribución ordenada y escalable	Canaleteo de todo el recorrido de la fibra óptica	
	Operación y mantenimiento	Costos de operación Costos de Mantenimiento	9 años

FUENTE: Elaboración Propia

4.6.5. ACCIONES DEL PROYECTO.

El proyecto de tesis Diseño de una red con fibra óptica utilizando el estándar GPON para el servicio de datos en el Edificio Administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca, abarca el conjunto de acciones, que procuran la eficaz operatividad de la planta física (infraestructura). Las intervenciones de mejora y mantenimiento se realizarán en la totalidad de los cinco pisos del edificio.

Tabla 4.7 Acciones del proyecto

ACCIONES	DIMENSIÓN FÍSICA	
	Unidad de medida	Dimensión
Acciones de tendido de fibra óptica		
Tendido de fibra óptica	Metros	585
Canaleteo del todo el trayecto de fibra	Metros	585
Instalación de rosetas ópticas en todos los ambientes de los cinco pisos	Unidades	25
Acciones de equipamiento		
Instalación de OLT	Unidades	01
Instalación de ONT	Unidades	25
Instalación de divisores ópticos	Unidades	05
Instalación de gabinetes para los IDF	Unidades	05
Acciones de prevención y seguridad		
Correcto etiquetado y señalización del paso de fibra óptica.	Unidades	45

FUENTE: Elaboración Propia

4.6.6. COSTOS DE INVERSIÓN.

El costo total de Inversión previsto para la implementación de esta alternativa asciende a la suma de S/. 193,912.95 Soles, tal como se muestra en el Cuadro siguiente Según categorías tenemos:

- a) Estudios.* - Se ha valorizado las diferentes etapas de inversión (se estima que no serán necesarios otros estudios de pre inversión), los estudios definitivos en conjunto representan 3% del costo total de la obra civil más el equipamiento estimados en S/. 5,043.9 Soles.

- b) *Tendido de fibra e instalación de equipos.* - Comprende los trabajos de mejoramiento y optimización de la red actual con fibra óptica e instalación de equipos en los cinco niveles del edificio, que se traducen en una inversión que alcanza un valor de S/. 163,086.10 Soles.
- c) *Gastos de Supervisión y Liquidación.* - Estos gastos han sido estimados considerando un 5% del monto correspondiente a la suma de los costos de infraestructura siendo un total de S/. 8,154.31 Soles, y están comprendidas las acciones son la supervisión de estudios, Obra y equipamiento necesarios para el desarrollo e implementación del proyecto.
- d) *Administración e Imprevistos.* - Costo que representa el 10% de la inversión total, considerados para cubrir actividades o acciones que surjan imprevistamente durante la ejecución del proyecto, así como los gastos correspondientes al proceso de convocatoria bases y adjudicación de los proyectos, esto corresponde a S/. 17,628.43 Soles.

Tabla 4.8 Costos de inversión del proyecto

COSTOS DEL MEJORAMIENTO DE TELECOMUNICACIONES				
DETALLE	UN	CANT.	PARCIAL	TOTAL PRECIOS PRIVADOS
ESTUDIOS DEFINITIVOS				
Expediente técnico de la infraestructura	GLB	1	5,043.90	5,043.90
COSTO DE LA INFRAESTRUCTURA				
Costos en personal	H	5	14,956.10	163,086.10
Costo fibra óptica y canaleteo por toda edificación	M	350	69,916.00	
Costo equipos y gabinetes de telecomunicaciones	U	145	78,214.00	
GASTOS EN SUPERVISION Y LIQUIDACION DE OBRA				
Gastos en supervisión y liquidación de obra, 5% del monto de la infraestructura	GLB	5%	8,154.31	8,154.31
GASTOS DE ADMINISTRACION E IMPREVISTOS				
Gastos de administración e imprevistos, 10% del monto total de la inversión	GLB	10%	17,628.34	17,628.34
TOTAL				193,912.65

FUENTE: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

PRIMERO: Como resultado de los datos obtenidos en el diseño de la red óptica pasiva con el estándar GPON, es posible concluir que con el diseño y la implementación de la nueva infraestructura de telecomunicaciones se optimizará en gran medida los servicios de datos en el edificio administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca como muestran los resultados de la tabla 10.

SEGUNDO: La topología y la arquitectura seleccionada además de todas las características que posee el diseño, se puede concluir la aplicación del estándar GPON es flexible escalable y fiable.

TERCERO: Las pérdidas obtenidas en cada ONT de cada oficina instalada en el presente diseño, permiten tener un margen de pérdida razonable tal como se ha demostrado con la ecuación (4). Los conectores son los que aportan mayor pérdida al diseño planteado, así como se muestra en la tabla 8.

CUARTO: El costo total aproximado del presente diseño fue de S/. **193,912.65** del cual el 40% de los costos realizados corresponde a la instalación de la fibra óptica. El precio del cable de fibra óptica como también los equipos e infraestructura relacionada involucra una inversión mayor; sin embargo, brinda mayores prestaciones que las redes de cobre ADSL debido a las características inherentes de la fibra óptica como su amplio ancho de banda, su reducida atenuación en altas frecuencias y su inmunidad a las interferencias electromagnéticas.

RECOMENDACIONES

Vivimos en una era donde la tendencia tecnológica y la innovación van en aumento por lo cual se recomienda estar a la par en estos cambios y no desaprovechar los beneficios que nos ofrece GPON como: un ancho de banda mayor, mejor conectividad en tiempo real y sobre todo que está en un constante desarrollo.

Por la gran necesidad actual que tiene la comuna universitaria, así como el personal administrativo de la Universidad Nacional de Juliaca de tener un internet de mayor velocidad, se recomienda la implementación de la tecnología GPON en el menor tiempo posible y además considerar la ampliación de esta tecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- CAPMANY, José. (2001) *“FUNDAMENTOS DE COMUNICACIONES ÓPTICAS”*.
- FIBER OPTIC SOLUTIONS S.A. (2016), *multiplexación y demultiplexación óptica aplicado en WDM.*, 201
- GUTIERREZ VILLAGOMEZ, Edwin Gabriel (2014). *“ESTUDIO DE FACATIBILIDAD PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA RED DE FIBRA OPTICA ENTRE DESAGUADERO Y MOQUEGUA”*, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Escuela de post grado.
- GARCÍA, Adolfo (2014) *“GPON Y GPON DOCTOR INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS GENERALES EN TELNET”*. Obtenido de:
<http://www.ccapitalia.net/descarga/docs/2012-gpon-introduccion-conceptos.pdf>
- HUAWEI (2018). *“FTTH SOLUTION”*. Obtenido de:
<https://e.huawei.com/en/products/fixed-network/access/ont/optical-terminal>
- JANER, Carlos (2009), *“DISPOSITIVOS PARA COMUNICACIONES ÓPTICAS”*. Dpto. de Ingeniería Electrónica, Universidad de Sevilla.
- LOPÉZ POLO, E. D. (2016). *DISEÑO DE UNA RED DE FIBRA OPTICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN EN EL SERVICIO DE BANDA ANCHA EN CAISHCO ANCASH*. Ancash: Universidad de ciencias y humanidades Facultad de ciencias e ingeniería E.A.P. de ingeniería Electrónica con mención en telecomunicaciones.
- MARTINEZ, H. (2016). *“SISTEMAS DE TRANSMISIÓN POR FIBRA ÓPTICA”*. Obtenido de: <http://www.monografias.com/trabajos99/principiosfibraoptica/principios-fibra-optica.shtml>

MARTIN PEREDA, José A. (2005) *“SISTEMAS Y REDES OPTICAS DE COMUNICACIONES”*.

MATINEZ ALONSO, Sonia. (2017) *“EL ARBOL DE PROBLEMAS: CÓMO PLANIFICAR EN LA INTERVENCIÓN”*.

MILLAN TEJEDOR, Ramón J. (2005) *“TECNOLOGIAS DE TELECOMUNICACIONES”*.

MOVISTAR (2015). *“NIVELES DE POTENCIA DEL ESTANDAR GPON”*.

OJEDA SOTOMAYOR, Arturo Osvaldo (2009). *“ESTUDIO Y DISEÑO DE UNA RED FTTH EN UN CAMPUS UNIVERSITARIO Y UNA VIVIENDA RESIDENCIAL. TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO DE LAS TELECOMUNICACIONES”*,
Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería.

RAMIRO NOVOA, Miguel (2015). *“DISEÑO DE UNA RED OPTICA PASIVA DE ACCESO PARA UNA URBANIZACIÓN UBICADA EN LA VIA SAMBORONDON”*,
Quito: Escuela superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en electricidad y computación.

REGLAMENTO DE LA LEY NRO 29904 (2016), Ley de Promoción de la Banda Ancha y Construcción de la Red Dorsal Nacional de Fibra Óptica, Obtenido de:
http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3256.pdf

TELNET (2012). *“GPON Y GPON DOCTOR”*.

ANEXOS

ANEXO N° 1

REQUERIMIENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL CÁLCULO DE PÉRDIDAS TOTALES DE ENLACE.

Será necesaria la siguiente información del fabricante del equipo óptico.

- Recomendaciones para el diámetro de fibra óptica: 8/125, 50/125, 62.5/125, 100/140.
- Atenuación máxima recomendada de la fibra en dB/Km.
- Apertura numérica de la fibra óptica.
- Ancho de Banda máximo de la fibra óptica (MHz x Km) a la longitud de onda de trabajo recomendada.
- Longitud máxima de la fibra.
- Atenuación máxima del equipo.
- Sensibilidad del receptor del equipo al BER adecuado.
- Potencia media de salida del equipo transmisor.
- Rango dinámico del equipo receptor.

La información requerida del plan de instalación de fibra será:

- Longitud total del enlace de fibra óptica.
- Número de empalmes requeridos y las pérdidas de cada uno.
- El número de conexiones de fibra y las pérdidas por conexión.
- Margen de diseño.
- Pérdidas ópticas debidas a otros posibles componentes del sistema

Otra información técnica necesaria:

- Atenuación de la fibra óptica: distancia en Km empleando dB/Km.
- Pérdidas en los empalmes: empalmes a dB/empalme.

- Pérdidas de conexión: conexiones a dB/conexión.
- Pérdidas de otros posibles componentes.
- Margen del diseño.
- Atenuación total del enlace.
- Potencia media de salida del transmisor.
- Potencia de entrada del receptor.
- Rango dinámico del receptor.
- Sensibilidad del receptor con el BER deseado.
- Margen de reserva.

ANEXO N° 2**REQUERIMIENTOS BÁSICOS PARA EL CÁLCULO DEL ANCHO DE BANDA
DEL SISTEMA.**

La información requerida será la siguiente (8):

Datos de la fibra:

- Ancho de banda modal de la fibra óptica.
- Dispersión cromática de la fibra.
- Longitud total de la fibra instalada.
- Longitud de fábrica de la fibra óptica.
- Gamma, concatenación/rebaje.

Datos del equipamiento de onda luminosa:

- Régimen de transmisión en baudios.
- Método de modulación óptica.
- Anchura espectral del transmisor.
- Tiempo de subida del transmisor.
- Tiempo de subida del receptor.
- Longitud de onda de trabajo.

ANEXO N° 3

HOJA DE ESPECIFICACIONES DE FIBRA OPTICA, OLT, ONT Y SPLITTERS

H1X2WOW0WWW- Ed1

FIBRA OPTICA MULTIMODO 50/125 OM2. G651.



Cumple ROHS

NORMAS

Recomendación ITU-T G.651.1

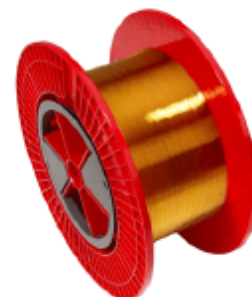
IEC 60793-2-10 Cat. A.1a.1.

TIA-492 AAAB-A

ISO/IEC 11801: Tipo OM2

DESCRIPCIÓN Y APLICACIÓN

- Fibra multimodo de índice gradual con bajas pérdidas por curvado.
- Para uso en comunicaciones a 850 nm y 1300 nm.
- Recubrimiento de acrilato de doble capa que proporciona protección contra el agua, la temperatura y humedad extremas, y permite un fácil pelado de la fibra
- Cumple con los requisitos mecánicos de Telcordia Generics, documentos requeridos GR-20-CORE y GR-409-CORE.



H1X2W0W0WWW- Ed1

FIBRA OPTICA MULTIMODO 50/125 OM2. G651.

PROPIEDADES OPTICAS

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Típ. /Max. Atenuación fibra individual a 850 nm (*)	2,5 / 2,6	dB/km	UNE-EN 188000-303 IEC 60793-1-40
Típ. /Max. Atenuación fibra individual a 1300 nm (*)	0,6 / 0,7	dB/km	
Uniformidad Atenuación (Puntos de discontinuidad a 850 o 1300nm)	< 0,15	dB	
Diferencia de atenuación (1380nm – 1300nm)	≤ 1	dB/km	
Ancho de banda OFL a 850 nm	≥ 500	MHz · km	TIA / EIA – 455-204 (FOTP-204)
Ancho de banda OFL a 1300 nm	≥ 500	MHz · km	
Apertura numérica	0,200 ± 0,015		TIA / EIA – 455-177
Longitud de onda de dispersión nula	1295 < λ ₀ < 1340	nm	UNE-EN 188000-309 IEC 60793-1-42
Pendiente de dispersión a λ ₀ (S ₀) (1295 ≤ λ ₀ ≤ 1310 m)	≤ 0,105	ps/nm ² · km	

(*) Este parámetro está sujeto a cambios una vez que la fibra está cableada.

ATENUACIÓN DE MACROCURVADO

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
100 vueltas en un mandril de 75,0 mm a 850nm (*)	≤ 0,5	dB	TIA / EIA – 455-62
100 vueltas en un mandril de 75,0 mm a 1300nm (*)	≤ 0,5	dB	

(*) Este parámetro está sujeto a cambios una vez que la fibra está cableada.

PROPIEDADES GEOMETRICAS

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Diámetro del núcleo	50 ± 2,5	µm	IEC 60793-1-20
No circularidad del núcleo	≤ 5	%	
Diámetro del revestimiento	125 ± 1	µm	
No circularidad del revestimiento	< 1	%	
Error de concentricidad Núcleo /revestimiento (offset)	< 1	µm	
Diámetro del recubrimiento primario (no coloreado)	245 ± 10	µm	IEC 60793-1-21
Error de concentricidad recubrimiento primario/revestimiento (offset)	≤ 8	µm	

OTRAS PROPIEDADES

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD	METODO DE ENSAYO
Resistencia a la tracción ("proof test")	≥ 1%(100psi/0,7GPa)	%	IEC 60793-1-30
Índice de refracción efectivo de grupo a 850 nm	1,483		EIA/TIA-455-44
Índice de refracción efectivo de grupo a 1300 nm	1,479		
Apertura del revestimiento (Rango / Típico)	2,2 - 4,4 / 3,0	N	IEC 60793-1-32

Todos los dibujos, diseños, especificaciones y detalles sobre pesos, dimensiones, etc. contenidos en esta documentación son puramente indicativos y no pueden ser considerados contractuales.

Pág 2 / 2

Cables de Comunicaciones Zaragoza, SL.
 Polígono de Malpica, calle D, nº 83. 50016 Zaragoza - España
 +34 976 729 900 | +34 976 729 974
 www.cablescom.com | comercial@cablescom.com
 Empresa certificada ISO 9001 - ISO 14001



PARKS

ONT POL 2111

ONT GPON



DESCRIPCIÓN

La línea de equipos POL Parks (Passive Optical LAN) ha sido desarrollada exclusivamente para aplicaciones en redes LAN y incluye funcionalidades específicas para aplicación en redes corporativas.

Una plataforma basada en tecnología de red óptica pasiva, que posibilita la efectiva convergencia de las redes corporativas, con bajos niveles de gastos de capital y de gastos operativos.

Diferentes tipos de terminales de usuario (ONT - Optical Network Terminals) completan la solución y permiten integrar, además de comunicaciones de datos, voz y vídeo/imágenes, también sistemas de seguridad, automatización y más.

HIGHLIGHTS

- ✓ ONU GPON G.984
- ✓ IPv6 y IPv4
- ✓ QoS avanzado, garantizando cualidad de los servicios triple-play
- ✓ Operación en los modos GPON y Active Ethernet, con auto-detección
- ✓ Posibilidad de ofrecer Servicio Punto-Multipunto (GPON) Y Punto a Punto (Active Ethernet)
- ✓ Rendimiento de enrutamiento máximo hasta 1Gbit/s con paquetes de 64Bytes
- ✓ Green Ethernet – Energy Efficient Ethernet
- ✓ IPTV Multicast, Unicast y Video on Demand
- ✓ Fácil instalación y aprovisionamiento
- ✓ Trabaja simultáneamente en los modos Router y Bridge
- ✓ Baja latencia y ultra banda ancha: solución perfecta para servicios de games interactivos y multiplayer
- ✓ Wi-Fi corporativo y residencial
- ✓ Disponibilidad máxima: dos puertos PON para backup óptico
- ✓ Adaptador VoIP para teléfono analógico (ATA) integrado
- ✓ Port Security
- ✓ Dying Gasp
- ✓ 802.1X en los puertos Ethernet

ESPECIFICACIONES TECNICAS

INTERFACES

INTERFAZ ÓPTICA

GPON en conformidad con la norma ITU-T G.984

Funciona en los modos GPON y Active Ethernet, con detección automática del modo de funcionamiento

Longitud de onda de 1490nm (Downstream) y 1310nm (Upstream)

Potencia de Transmisión: 0.5 a +5 dBm

Sensibilidad de recepción: -8 dBm a -28dBm (±3dBm)

Alcance de hasta 20 km

INTERFACES ETHERNET

2 puertos 10/100/1000 Base T (RJ45)

Interfaces en conformidad con IEEE 802.3/802.3u/802.3ab

Soporte a IEEE 802.3az (Energy-Efficient Ethernet)

Autonegociación y auto MDI/MDI-X

Control de flujo half-duplex (back pressure) y full duplex según IEEE 802.3x (PAUSE frames)

INTERFAZ WIRELESS (Wi-Fi)

Estándar: IEEE 802.11 b/g/n

Frecuencia: 2.4GHz

MiMo 2x2 (2T2R)

Antenas externas omnidireccionales (aumento de + 7dBi cada)*

Antenas internas omnidireccionales (aumento de + 3dBi cada)*

Potencia de transmisión: 17 dBm +/- 1,5 dB (excluyendo ganancia de la antena)

Velocidad de transmisión: hasta 300 Mbit/s

*modelos disponibles con antenas internas o externas

INTERFAZ FXS (TELÉFONO)

2 Puertos de voz con conector RJ11

En Conformidad con la resolución ANATEL n.º 512

Identificador de llamadas (BINA) integrado

CONFIGURACIÓN, APROVISIONAMIENTO Y MONITOREO

Aprovisionamiento de la interfaz GPON vía OMCI

Configuración vía Parks NMS, CLI y WEB (local)

Monitorización remota a través de SNMPv2 y SNMPv3

Actualización remota (OMCI y FTP) o local (FTP) del firmware

Syslog (RFC 3164) para registro de eventos, mensajes de error y notificación

Indicadores LED de estado y actividad

IP Host, IP de mantenimiento y Loopback

Botón de reinicio para volver a la configuración de fábrica



OLT POL 20004

OLT GPON



DESCRIPCIÓN

La línea de equipos POL Parks (Passive Optical LAN) ha sido desarrollada exclusivamente para aplicaciones en redes LAN y incluye funcionalidades específicas para aplicación en redes corporativas.

Una plataforma basada en tecnología de red óptica pasiva, que posibilita la efectiva convergencia de las redes corporativas, con bajos niveles de gastos de capital y de gastos operativos.

Diferentes tipos de terminales de usuario (ONT - Optical Network Terminals) completan la solución y permiten integrar, además de comunicaciones de datos, voz y vídeo/imágenes, también sistemas de seguridad, automatización y más.

HIGHLIGHTS

- ✓ Interfaz GPON con distancia hasta 60km.
- ✓ Redundancia "tipo B" de las interfaces GPON para servicios críticos.
- ✓ UPLINK con agregación hasta 20Gbps
- ✓ ERPS protocolo para la protección del anillo con la recuperación de sub 50ms.
- ✓ Aprovisionamiento completo para CLI o INTELLION (GUI)
- ✓ Conmutador Ethernet integrado con capacidad de enrutamiento de 108Gbit / s y direcciones MAC de 32K dirección.
- ✓ Avanzado método de QoS en hardware, permitiendo el análisis de paquetes L2 o L3 (IPv4 e IPv6).
- ✓ Soporte 4096 VLAN simultáneos.
- ✓ VLAN: utilización de los puertos en modo híbrido (QinQ y Trunk al mismo tiempo).
- ✓ PPPoE Intermediate Agent
- ✓ DHCP Relay Agent Information Option
- ✓ Función VLAN aislado: aislamiento cliente, incluso si pertenecen a la misma VLAN.
- ✓ Función Port-bridging: la conectividad entre los clientes, incluso aunque pertenezca a la misma GPON puerto.

DATASHEET

OLT POL 20004

OLT GPON

ESPECIFICACIONES TECNICAS

INTERFACES

INTERFACES GPON

4 interfaces SFP GPON ITU-T G.984

Longitud de onda downstream de 1490nm

Longitud de onda upstream de 1310nm

Forward Error Correction (FEC) en upstream (US) y downstream (DS)

Velocidad de upstream de 1,25 Gigabits/s

Velocidad de downstream de 2,5 Gigabit/s

Protección del tráfico downstream con encriptación AES con llave de 128 bits

Soporte para la asignación de ancho de banda estática y dinámica (SBA / DBA)

Alcance extendido de hasta 20 km por interfaz GPON (hasta 32 ONUs por interfaz GPON)

Soporte para extensión de alcance a hasta 60 km (máximo 20 km entre interfaces)

Soporte para 5 tipos de T-CONT (VoIP, IPTV, Management, Internet, Unspecified)

Hasta 1024 GEM Ports por interfaz GPON

Hasta 384 T-CONTs por interfaz GPON

Hasta 64 ONUs por interfaz GPON

INTERFACES ETHERNET

Switch Ethernet con 8 ranuras para módulos SFP eléctricos u ópticos

GESTIÓN Y SEGURIDAD

Configuración a través de línea de comando (CLI) y sistema de gestión (INTELLION) via SNMP

SNMP v2c, v3 y RFC1213

Transporte SNMP a través de protocolo UDP o TCP

Cliente NTP con soporte para múltiples servidores

Servidor de autenticación RADIUS y TACACS +

Gestión in-band u out-of-band (interfaz física dedicada)

Gestión remota a través de protocolo seguro SSH o Telnet

Syslog local y remoto

Actualización de firmware vía FTP con soporte a imágenes duales para mayor seguridad

Acceso in-band a la interfaz de administración a través de VLAN específica y configurable (VID y CoS)

Soporte para exportación y importación de archivo de configuración

Acceso SSH con mecanismo de llaves DSA

Aprovisionamiento off-line de ONUs

Aprovisionamiento de las funcionalidades de Port Security y 802.1x de las ONUs

Protección de la red a través de la función de detección de Link-Flap que desactiva puertos con conexión física intermitente

Función DHCP Snooping

ANEXO N° 4

PLANOS DEL RECORRIDO DE LA FIBRA

